www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

16e JAARGANG No. 1, blz. 1-32 JANUARI 1954

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

EEN UNIVERSEEL TOESTEL VOOR RÖNTGENBESTRALING MET BEWEGENDE BUIS

door H. VERSE *).

621.386.1:615.849

De dieptetherapie met röntgenstralen, d.i. de behandeling van diep in het lichaam gelegen gezwellen, is een van de moeilijkste en ondankbaarste gebieden van de medische practijk. Telkens weer wordt getracht door toepassing van nieuwe technische hulpmiddelen de voorwaarden op dit gebied der therapie te verbeteren. Het toestel voor de bestraling met bewegende röntgenbuis dat hieronder wordt beschreven, is een verdere stap op deze weg. Weliswaar kan ook de bestraling met bewegende buis, die door dit toestel voor universele toepassing toegankelijk wordt gemaakt, geenszins in alle ziektegevallen genezing brengen. Er is echter gebleken dat bij toepassing van deze bestralingsmethode de complicerende bijverschijnselen van de behandeling (de zg. röntgenkater) in hoge mate kunnen worden geëlimineerd en dat in allerlei gevallen de genezingspercentages kunnen worden verbeterd.

Dieptetherapie en bewegingsbestraling

Bij de röntgentherapie van diep in het lichaam gelegen ziektehaarden (tumors) heeft men van ouds te kampen gehad met het probleem dat bij toediening van een geschikte stralendosis aan de haardweefsels de omgevende gezonde weefsels, met name die welke dicht onder het oppervlak zijn gelegen, niet te veel te lijden mogen hebben. Op het eerste gezicht lijkt dit, als men van buiten af bestraalt, onmogelijk: de bekende afneming van de stralingsintensiteit met het kwadraat van de afstand en de min of meer exponentiële verzwakking van de straling met toenemende indringingsdiepte maken dat de doseringssterkte op de huid altijd groter is dan die op de haard. Weliswaar kan men de verhouding van de haarddosis tot de huiddosis aanzienlijk opvoeren door twee kunstgrepen: keuze van een grote focus-huidafstand en/of „compressie" van de patient, waarbij dus de afstandsverschillen relatief verminderd worden, en gebruik van een harde röntgenstraling (hoge buisspanning en zwaar filter), waardoor de dosisafneming naar de diepte toe minder steil wordt. Toch zijn de waarden van de genoemde verhouding, de zg. relatieve dieptedosis, die men op deze wijze kan bereiken, niet groter dan ca. 40% (bij een diepte van de haard van 10 cm onder de huid). Het eventuele succes van de behandeling hangt dus geheel ervan af in hoeverre de gezonde weefsels beter tegen de bestraling kunnen dan de zieke. En ook al doen zich geen duurzame beschadigingen van lichaamsdelen buiten de haard voor, zo heeft de patient in het algemeen toch lange tijd nodig om van de zware belasting van zulke lichaamsdelen te herstellen.

Physisch gunstiger is de situatie bij gebruik van buitengewoon harde stralen (equivalente buisspanningen van vele millioenen volt). Ten gevolge van het richteffect in de secundaire röntgenstralen en electronen, die de harde stralen in het lichaam vrijmaken, ontstaat er meer of minder diep in het lichaam een dosismaximum, en men kan zorgen dat dit in de ziektehaard komt te liggen [1]).

Een andere, reeds lang bekende en op zichzelf eenvoudige mogelijkheid, het genoemde bezwaar te omzeilen, bestaat daarin dat men de grote huiddosis onschadelijk maakt door de ziektehaard uit verschillende richtingen te bestralen (met de normale buisspanningen van 200 tot 250 kV). Hieronder vallen de methodes van bestraling met verscheidene velden, kruisvuurbestraling en bewegingsbestraling [1]) (bestraling met bewegende buis).

*) C. H. F. Müller A. G., Hamburg-Fuhlsbüttel.

[1]) Zie bijv.: G. F. Haenisch en H. Holthusen, Einführung in die Röntgenologie, G. Thieme, Stuttgart 1951.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

In het laatste decennium heeft de voortdurende verdere ontwikkeling van de röntgenbuizen en van de tegen hoogspanning beschermende omhulsels geleid tot een zodanige verkleining van afmetingen en gewichten dat het mogelijk leek het mechanische probleem van de bewegingsbestraling van andere gezichtshoek uit en onder veel gunstiger condities dan vroeger aan te pakken. In het bijzonder kon men ernaar streven, van de voordelen van een beweging van de buis nog grondiger profijt te trekken. Op grond van deze gedachtengang is door de röntgenfabriek C. H. F. Müller te Hamburg een nieuwe constructieve oplossing voor het probleem van de bewegingsbestraling ontwikkeld, nl. het toestel TU 1, dat in *fig. 1* is afgebeeld [2]). Dit toestel zal in hetgeen volgt worden beschreven.

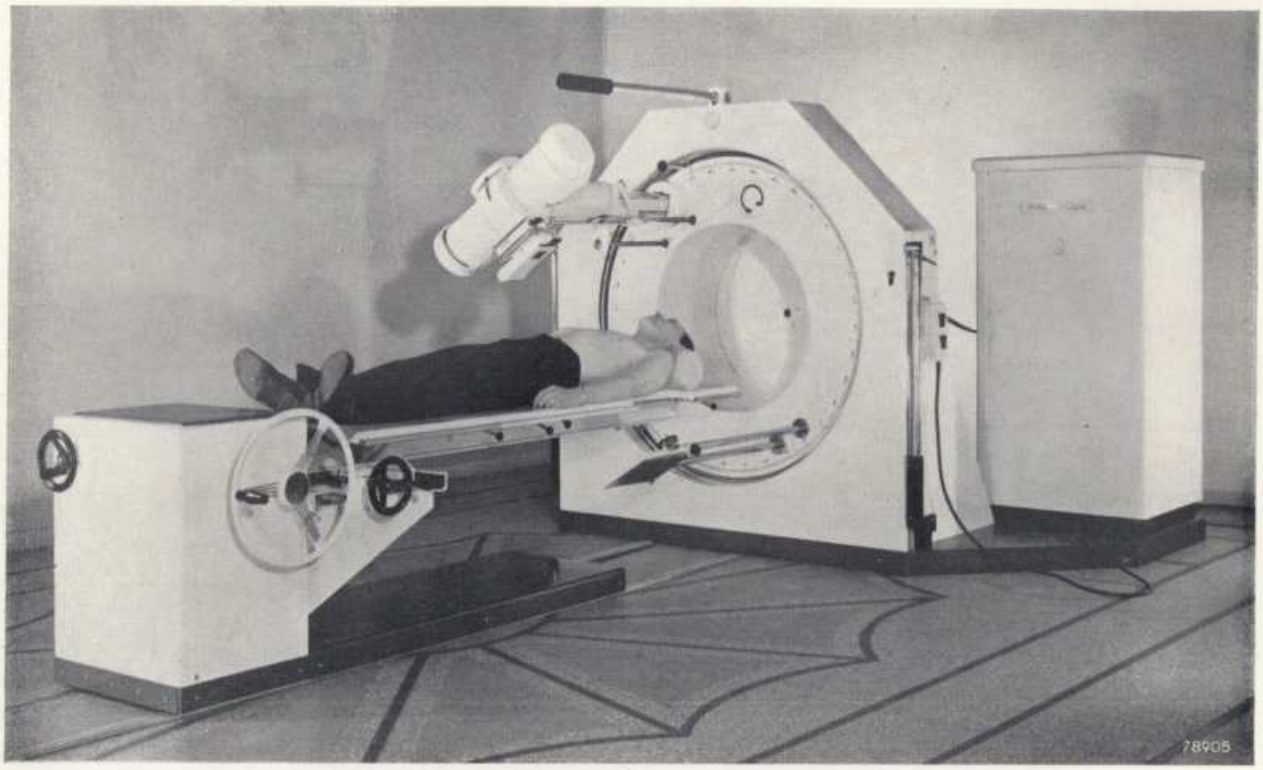


Fig. 1. Overzicht van de installatie Müller TU 1 voor röntgenbestraling met bewegende buis. Links ziet men de op rails rijdende tafel waarop de patient ligt, in het midden het bewegingstoestel dat de röntgenbuis met omhulsel draagt, rechts de hoogspanningsgenerator (Müller RT 200) voor de röntgenbuis. De schakelessenaar van de installatie staat achter een loodglazen venster in een aangrenzende ruimte.

Grondgedachten van de constructie

In het kort is de gedachte van de bewegingsbestraling deze, dat gedurende de bestraling de röntgenbuis op de een of andere baan om het lichaam van de patient heen wordt gevoerd, zodanig dat de uitgezonden röntgenstralenkegel altijd op de tumor blijft gericht terwijl telkens andere gedeelten van de huid als ingangspoort voor de röntgenstralen dienen. Voor de keuze van de vorm van de baan en de geometrische details heeft men talrijke mogelijkheden. Men moet zich hier in de eerste plaats laten leiden door medische eisen, en voorts door constructieve beperkingen. Het uitgangspunt voor het toestel TU 1 was een horizontale ligging van de patient (zie fig. 1) en een beweging van de röntgenbuis op een cirkelvormige baan om de horizontale lengte-as van de patient [3]). De constructie van dit toestel is echter ten zeerste beïnvloed door het feit dat een eenvoudige cirkelvormige baan in sommige gevallen

[2]) H. Verse, Einige gerätetechnische Überlegungen zur Röntgenbewegungsbestrahlung, Fortschritte Röntgenstrahlen u. Röntgenpraxis **77**, 362-367, 1952.

[3]) Er moge hier worden vermeld dat volgens een elders uitgewerkte methode de patient in zittende houding wordt bestraald (R. DuMesnil de Rochemont en H. Fiebelkorn, Strahlentherapie **88**, 198-205, 1952). De röntgenbuis is hierbij vast opgesteld en de patient wordt tijdens de bestraling met behulp van een draaistoel om een verticale as gedraaid. Wij hebben de voorkeur gegeven aan een horizontale ligging van de patient, met het oog op de verderop beschreven combinatie van rotatie en translatie, die men, om de gewenste concentratie van de röntgenstralen in het lichaam precies op de goede plaats te krijgen, nauwelijks anders kan riskeren dan bij geheel gefixeerde, liggende, patient. Ook is deze ligging uiteraard gunstiger voor zwaar zieken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

niet voldoende is. Wij willen dit toelichten aan de hand van enige beschouwingen over de dosisverdeling in het lichaam bij de bewegingsbestraling [4]).

In *fig. 2a* is de berekende dosisverdeling weergegeven die men bij bestraling met stilstaand buisfocus verkrijgt in een cylindervormig fantoom van paraffine van 30 cm diameter. In het midden van dit cylindrische lichaam, dat is dus op een diepte van 15 cm onder de „huid", bedraagt de dosis, indien geen filter in de straling is geplaatst, slechts 11% van die aan het oppervlak [5]). Laat men het focus een volledige cirkel om het fantoom beschrijven, dan krijgt men voor de „isodosen" de rotatiesymmetrische krommen van fig. 2*e*. De dosis in het midden is nu 280% van wat elk punt aan het oppervlak heeft ontvangen. Dit illustreert het grote voordeel van de bewegingsbestraling ten opzichte van de bestraling met stilstaande buis. Het is echter niet in alle gevallen mogelijk of doelmatig, de buis een hoek van 360° rondom het lichaam van de patient te laten doorlopen: niet mogelijk, indien in een bepaald hoekgebied zich zeer gevoelige organen bevinden, die niet in het bereik van de röntgenstralenbundel mogen komen; niet doelmatig, indien in een bepaald hoekgebied de stralen zware beenderen zouden moeten passeren en dus toch zeer verzwakt zouden zijn alvorens bij de tumor te komen. De isodosen die men in het geval van het genoemde fantoom verkrijgt als het focus slechts een gedeelte van zijn cirkel doorloopt, zijn in fig. 2*b*, *c*, *d* weergegeven. *Fig. 3* toont voor al deze gevallen de dosisverdeling langs de diameter van

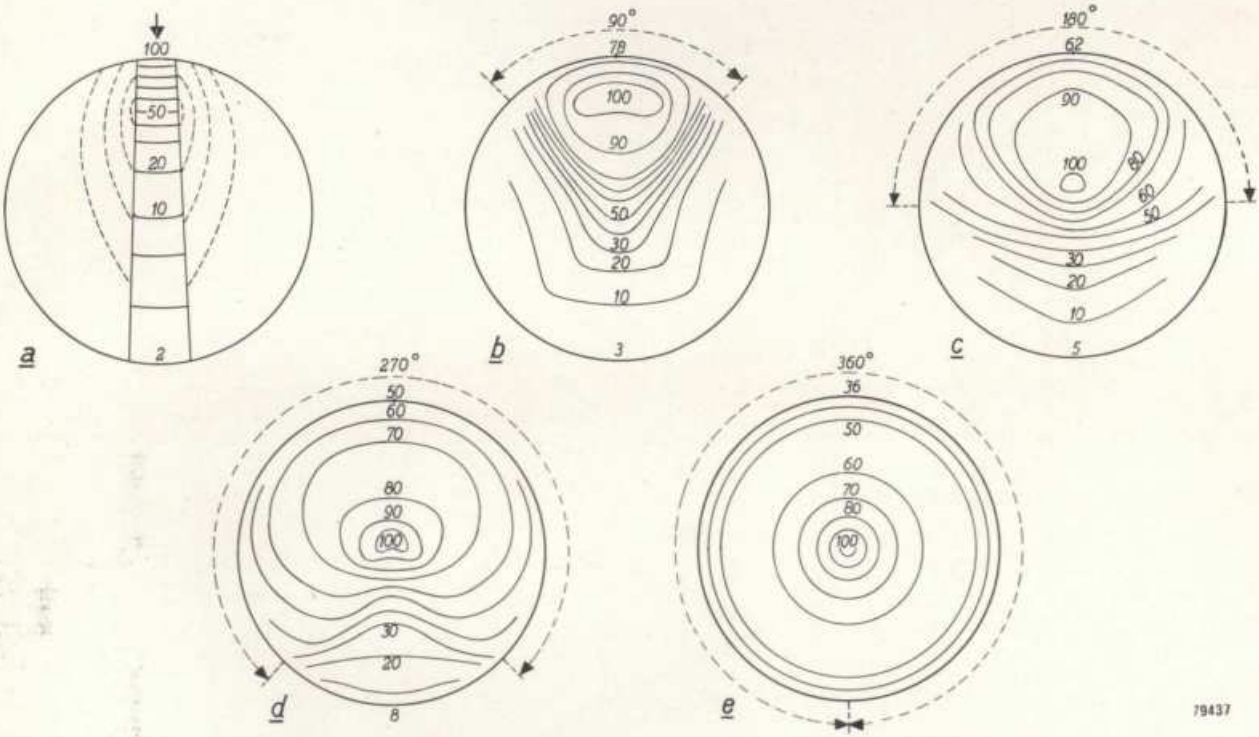


Fig. 2. Isodosen in een cylindrisch paraffinefantoom van 30 cm diameter, bij bestraling van een veld op de cylinderas van 5 cm breedte en 15 cm axiale lengte, bij een focushaardafstand van 50 cm en bij gebruik van een straling met een halfwaardedikte van 0,7 mm Cu. (Ontleend aan het in noot [4]) aangehaalde boek van H. Nielsen, blz. 47.)
a) Bestraling met stilstaande buis. De strooistralenmantel van de directe röntgenstralenbundel is gestippeld aangegeven. De dosis op de haard bedraagt 11% van die aan het oppervlak.
b) Rotatie van de röntgenbuis om de as van de cylinder binnen een hoek van 90°. Het dosismaximum (100%) komt binnen het lichaam te liggen.
c) Rotatiehoek 180°.
d) Rotatiehoek 270°.
e) Rotatiehoek 360°. De isodosen worden nu concentrische cirkels. Het dosismaximum bevindt zich op de cylinderas, de dosis op iedere plaats van de huid bedraagt slechts 36% van die in het dosismaximum.

[4]) De hier verwerkte gegevens zijn in hoofdzaak ontleend aan onderzoekingen van Howard Nielsen; zie bijv. diens boek: Rotations Bestraaling, Munksgaard, Kopenhagen 1948, alsook de publicatie: Rotatory irradiation, Acta Radiol. **37**, 318-328, 1952.

[5]) Het bovengenoemde percentage van 40% op een diepte van 10 cm gold voor een bestraling van een groot veld met een zwaar filter, zoals gebruikelijk is bij de normale dieptetherapie ter vergroting van de dieptewerking; natuurlijk maakt zulk een filtering een veel groter vermogen van de röntgenbuis noodzakelijk.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

het fantoom die door het dosismaximum is gelegd. Men ziet dat de relatieve dieptedosis met afnemende rotatiehoek weer veel kleiner wordt; bij een rotatiehoek van 90° bedraagt zij ter plaatse van het dosismaximum nog slechts ongeveer 130% in plaats van 280%. (Men plaatst de patient natuurlijk zodanig dat het dosismaximum in de tumor komt te liggen. Bij een gegeven ligging van de tumor en van het gedeelte van de huid dat men als ingangspoort heeft gekozen, kan het dan gebeuren dat het middelpunt van de vereiste cirkelvormige beweging van de buis niet op de as van de patient valt, waardoor de dosisverdeling aanzienlijk van fig. 2 kan afwijken. Kwalitatief blijven echter onze beschouwingen geldig.)

Uitvoerige onderzoekingen hebben aangetoond [6]) dat men hierin niet veel verbetering kan brengen door keuze van een grotere focus-huidafstand of door toepassing van hardere stralen (gebruik van een filter). Toch kan men ook bij rotatie over betrekkelijk kleine hoeken een zeer grote relatieve dieptedosis verkrijgen, eenvoudig door de ingangspoort van de stralen op de huid van de patient successievelijk verscheidene, naast elkaar liggende, stroken te laten beschrijven. Men zorgt daarbij dat de röntgenstralenkegel altijd op hetzelfde punt in de tumor is gericht, zie *fig. 4*. Dit is de zg. convergentiebestraling. Voor deze methode moet men de röntgenbuis klaarblijkelijk nog een andere bewegingscomponent geven, nl. zo dat de eerstgenoemde rotatiebeweging rondom de patient achtereenvolgens in verschillende vlakken wordt uitgevoerd.

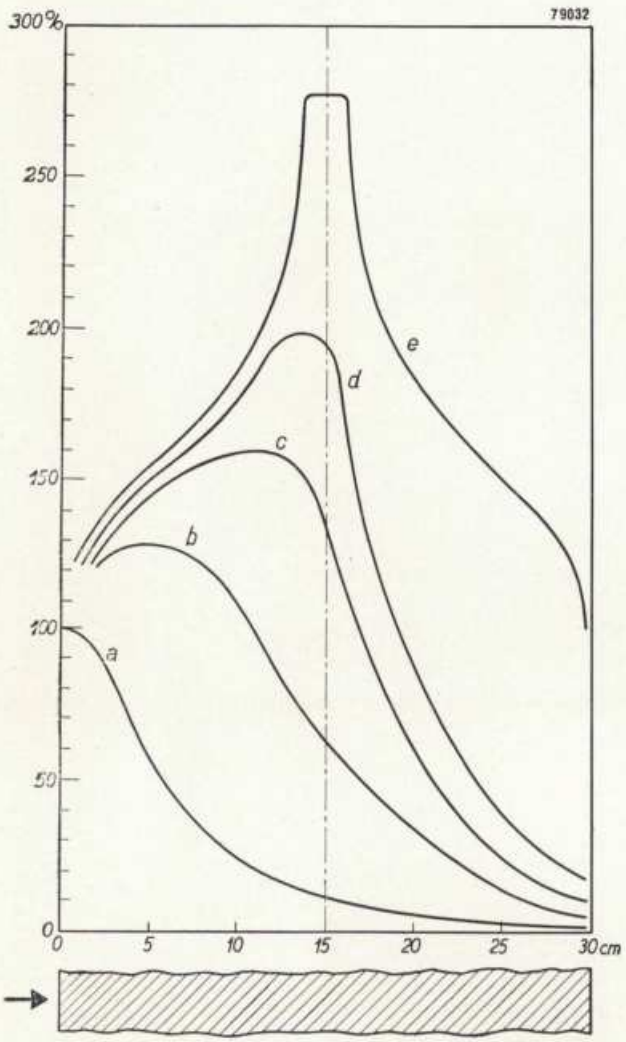


Fig. 3. Dosisverdeling op de door het dosismaximum getrokken diameter van het cylindrische paraffinefantoom, volgens fig. 2*a* tot *e*. De pijl geeft de richting van de röntgenstralen aan.

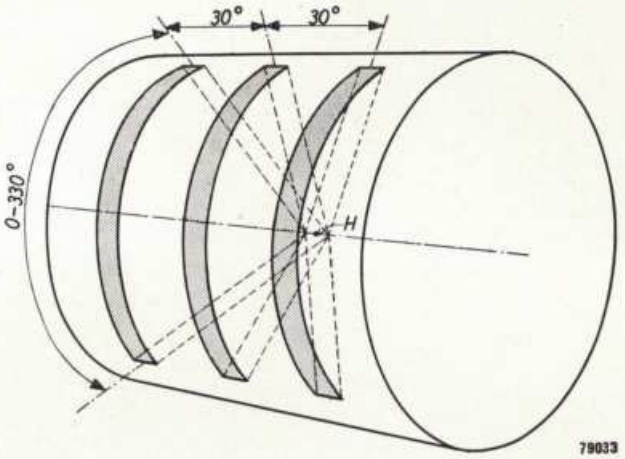


Fig. 4. Convergentiebestraling, geschetst voor het cylindrische fantoom. De ingangspoort voor de röntgenstralenbundel beschrijft evenwijdige stroken op het huidoppervlak. De stralenkegel blijft voortdurend gericht op de ziektehaard *H*.

Men kan deze ruimtelijke beweging op verschillende manieren verwezenlijken. In het bestralingstoestel TU 1 wordt hiertoe aan de röntgenbuis een translatie gegeven, die loodrecht gericht is op de rotatie en onafhankelijk hiervan kan worden bestuurd. Hoe dit constructief is uitgevoerd en welke voordelen deze oplossing biedt, moge blijken uit de nu volgende beschrijving van het toestel.

Constructie van het bestralingstoestel

De röntgenstralenbron die in het bestralingstoestel TU 1 wordt toegepast, is een normaal dieptetherapie-apparaat „Müller RT 200", waarvan de röntgenbuis is ondergebracht in een met olie gevuld omhulsel. In plaats van dit apparaat kan ook het dieptetherapie-apparaat „Philips 250/25" in het toestel worden geïnstalleerd.

[6]) R. Du Mesnil de Rochemont, Die Dosierungsgrundlagen der Rotationsbestrahlung, Strahlentherapie **60**, 648-674, 1937.
M. Nakaidzumi en T. Miyakawa, Über die räumliche Dosisverteilung der Röntgenstrahlen bei der Rotationsbestrahlung, Strahlentherapie **66**, 583-592, 1939.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Rotatiebeweging

Het bestralingstoestel bevat een verticale schijf, die in een vast raamwerk zodanig is gelegerd dat zij door een electromotor om haar as kan worden gedraaid (*fig. 5*). Nabij de omtrek van de schijf is hierop een horizontale arm gemonteerd; hieraan is de röntgenbuis bevestigd, met de uitgezonden stralenkegel gericht naar de as van de schijf. Door de genoemde, holle, arm zijn de hoogspanningskabels en de olieleidingen voor de koeling naar het omhulsel van de röntgenbuis gevoerd. Aangezien in de beide bovenvermelde therapie-apparaten de buis op gelijkspanning werkt (maximale buisspanning 200 resp. 250 kV), heeft men betrekkelijk dunne, buigzame hoogspanningskabels, zodat bij de beweging van de buis geen moeilijkheden optreden.

Ten einde de patient zo te kunnen plaatsen dat de ziektehaard goed in de stralen komt te liggen (nl. in het gebied van het dosismaximum), is voor de installatie een speciale patiententafel geconstrueerd: deze rijdt op rails, die evenwijdig aan de as van de schijf op de grond zijn gelegd, en de plaat waarop de patient ligt, kan in verticale en zijwaartse richting worden verschoven.

De diameter van de cirkelbaan, die het focus van de röntgenbuis beschrijft, bedraagt 1 meter; het focus bevindt zich dus op (ten hoogste) 50 cm afstand van de ziektehaard en gemiddeld op 30 tot 40 cm van de huid van de patient.

Opdat de buis bij de rotatiebeweging niet tegen de tafel aanloopt, is de plaat hiervan samengesteld uit verschillende, onderling verwisselbare moten, waarvan er één — die men op de juiste plaats moet leggen — in de nodige mate versmald is (zie fig. 1).

De hoek waarover de rotatie plaatsheeft, wordt ingesteld door twee eindcontacten, die men langs de draaibare schijf kan verschuiven (fig. 5, E_1, E_2). Zodra een van deze contacten tegen een bijbehorend vast contact op het raam aanloopt, wordt automatisch de draairichting van de electromotor die de schijf aandrijft, omgekeerd. De maximale hoek die kan worden bestreken, is 330°. In het niet bestreken hoekgebied van 30° ligt de ijzeren draagbalk van de tafel, die nodig is om een volkomen gedefinieerde ligging van de patient te waarborgen.

De rotatiebeweging wordt uitgevoerd met een snelheid van 6° per sec.

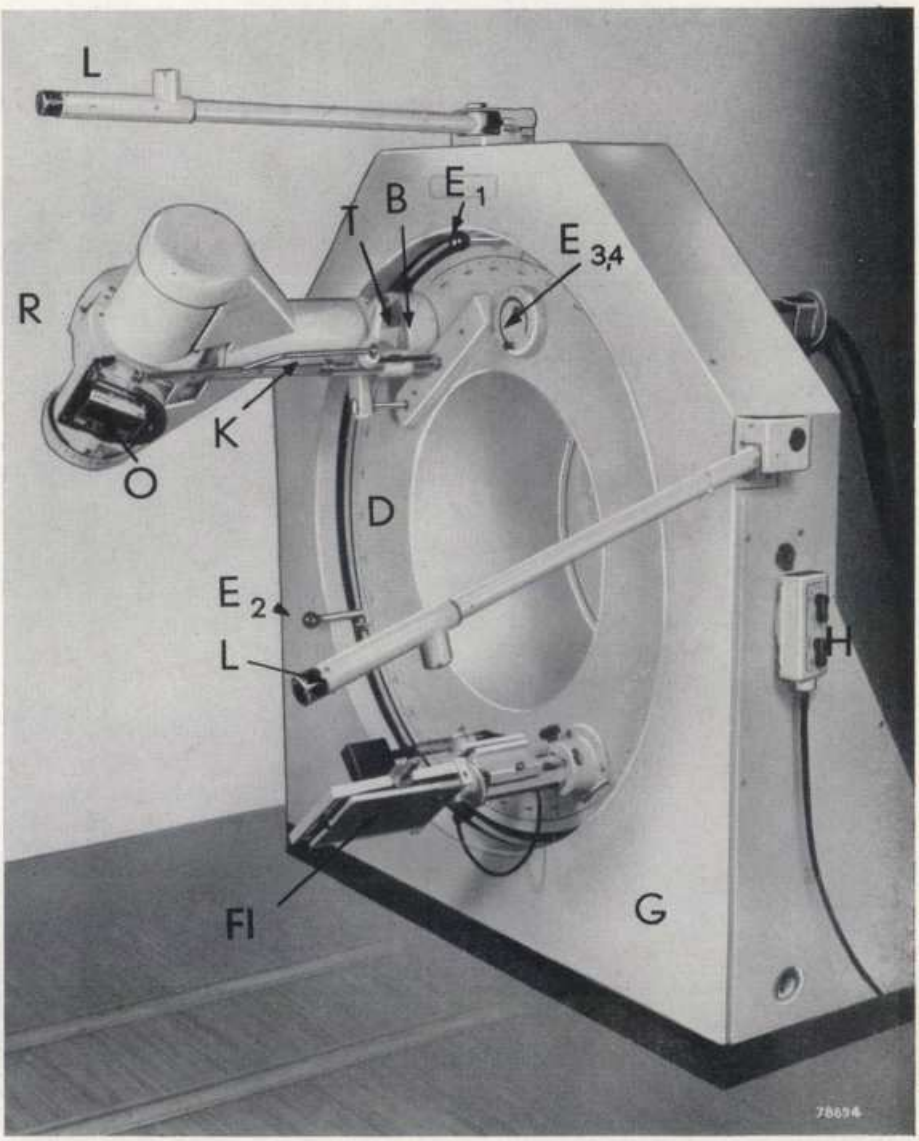


Fig. 5. Het bewegingstoestel voor de röntgenbuis. *G* vast raamwerk; *D* draaibare schijf, die aan haar omtrek met rollen is gelegerd in een ring op het raamwerk; *T* arm die de röntgenbuis draagt; *R* röntgenbuis met omhulsel en stralenuittree-opening *O*; *K* koppelstang; *B* bus waarin de arm *T* glijdt; E_1, E_2 eindcontacten voor de rotatie, E_3, E_4 instelknoppen voor de eindcontacten voor de translatie; *H* handschakelaar; *Fl* doorlichtingsscherm; *L* twee van de lichtwijzers, die verderop worden besproken. (De voorzieningen aan de stralenuittree-opening van de in fig. 1 afgebeelde installatie wijken nog enigszins af van de tegenwoordige, hier weergegeven uitvoering.)

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Translatiebeweging

De translatiebeweging van de röntgenbuis wordt verkregen doordat de bovenvermelde, met de schijf meedraaiende arm (*T* in fig. 5) in een bus (*B*) evenwijdig aan de as van de schijf kan worden verschoven. Voor deze beweging dient een tweede electromotor. Terwijl de aandrijfinrichting voor de rotatie zich op het vaste raam van het toestel bevindt en de schijf aandrijft door een eenvoudige kettingoverbrenging, is de aandrijfinrichting voor de translatie achter op de draaiende schijf gemonteerd (*fig. 6*). Electrisch is dit motoraggregaat door een flexibele kabel verbonden met de bedieningslessenaar, vanwaar de beweging wordt bestuurd. De translatie van de röntgenbuis wordt bewerkstelligd doordat een in de schijf gelegerde moer, die door de motor wordt aangedreven, een schroefstang verschuift waaraan het omhulsel van de buis is bevestigd.

Evenwijdig aan deze schroefstang verschuift tegelijkertijd en in dezelfde richting, echter met geringere snelheid, een tweede schroefstang, die via een parallelogrammechanisme (zie fig. 5 en *fig. 7*) de stralenuittree-opening van het omhulsel van de röntgenbuis draait. Door een juiste keuze van de spoed van de beide schroefstangen staan hun snelheden zo tot elkaar dat door de genoemde draaiing de centrale straal van de uittredende röntgenstralenkegel voortdurend gericht blijft op hetzelfde punt op de as van de schijf.

Het translatiegebied kan weer worden ingesteld door twee eindcontacten, die met twee vóór op de schijf aangebrachte knoppen worden bediend (zie *fig. 8*, waarop ook enkele andere details van de constructie te zien zijn). Maximaal is een translatie van 60 cm mogelijk, hetgeen beantwoordt aan een draaiing van de buis over een hoek van 60°. Heeft men te maken met een langgerekte ziektehaard, die meer op een cylinder lijkt en waarvan men verschillende secties achtereenvolgens aan een rotatiebestraling wil onderwerpen, dan kan men uit het bovenvermelde parallelogrammechanisme de koppelstang verwijderen: de röntgenstralenbundel blijft dan bij de translatie van de buis steeds evenwijdig aan zichzelf gericht.

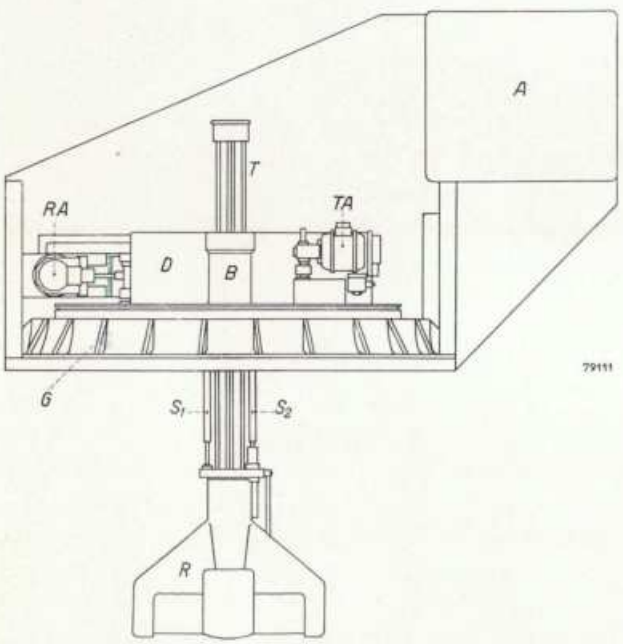


Fig. 6. Bovenaanzicht van het bewegingstoestel, na verwijdering van de voor bekleding dienende platen. *G* vast raamwerk, dat tezamen met de hoogspanningsgenerator *A* op een grondplaat is geplaatst; *RA* motoraggregaat voor de rotatie; *TA* op de draaiende schijf gemonteerd motoraggregaat voor de translatie; S_1, S_2 schroefstangen; overige letters als in fig. 5.

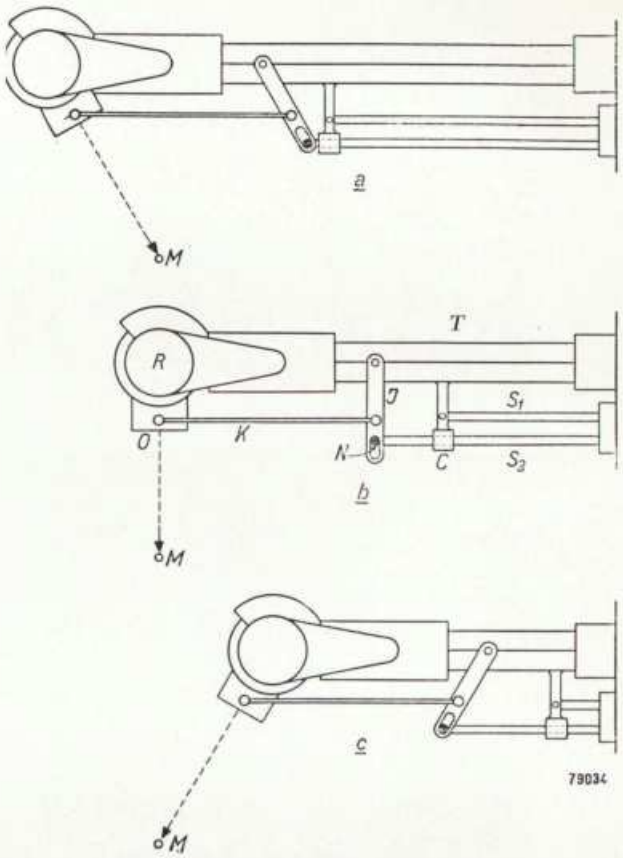


Fig. 7. Mechanisme voor het richten van de röntgenstralenbundel tijdens de translatie van de röntgenbuis *R*. Door de schroefstang S_1, die star met de dragende arm *T* is verbonden (en die hier duidelijkheidshalve iets verplaatst is getekend), wordt de translatie bewerkstelligd. De schroefstang S_2, die in het glijblok *C* loopt en die in dezelfde richting, echter iets langzamer dan S_1, wordt verplaatst, bepaalt via de tap *N* de positie van de hefboom *J*. Deze hefboom vormt met de koppelstang *K* en de beweegbare stralenuittree-opening *O* van het omhulsel van de röntgenbuis een parallelogrammechanisme. De situatie is hier voor de middelste en voor de beide uiterste standen van de translatiebeweging getekend (*a*, *b*, *c*). De centrale röntgenstraal blijft altijd op een zelfde punt *M* gericht, tenzij men de koppelstang *K* verwijdert.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Van deze ontkoppeling maakt men ook gebruik indien men de installatie wil gebruiken voor een bestraling met stilstaande buis (met eventuele compressie, die bij een rotatiebestraling natuurlijk niet mogelijk en niet nodig is). Na ontkoppeling kan de stralenuittree-opening in een hoekgebied van 120° worden ingesteld.

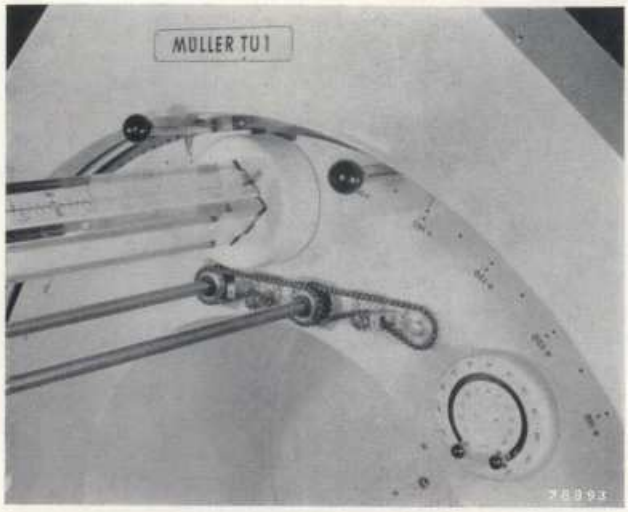


Fig. 8. Close-up van een deel van de draaiende schijf. Men ziet links de arm die de röntgenbuis draagt; daaronder de twee in de schijf gelegerde en via een kettingoverbrenging aangedreven moeren en de schroefstangen. Bovenaan de beide eindcontacten voor de rotatie, rechts onderaan de instelknoppen voor de eindcontacten van de translatie.

De snelheid van de translatiebeweging bedraagt normaal $^2/_3$ cm per sec. Het toestel heeft dus slechts 90 sec nodig om de buis van het ene naar het andere einde van het translatiegebied te brengen.

Behalve de convergentiebestraling met parallelle bestralingsstroken is er met het toestel TU 1 nog een andere bestralingsvorm mogelijk, de zg. oscillerende convergentiebestraling[7]). Hierbij laat

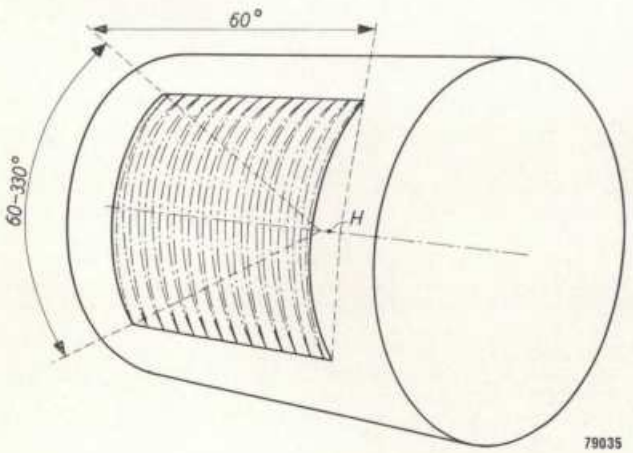


Fig. 9. Zigzagweg die de stralenintreepoort op de huid van de patient beschrijft bij de oscillerende convergentiebestraling. De stralenbundel blijft steeds op punt *H* gericht.

[7]) H. Wichmann, Physikalisch-technische Bemerkungen zur Bewegungsbestrahlung, Röntgenstrahlen — Geschichte u. Gegenwart (een uitgave van C. H. F. Müller A. G.) **3**, 72-79, 1953.

men de röntgenbuis tegelijkertijd met de heen- en weergaande rotatiebeweging een langzame translatiebeweging uitvoeren, met $^1/_6$ van de genoemde normale translatiesnelheid. De ingangspoort van de röntgenstralen beschrijft dan op de huid een zigzagweg, zoals in *fig. 9* is geschetst. Dank zij de langzame translatie krijgt men klaarblijkelijk een bijna homogene bedekking van de gehele huidoppervlakte die voor het binnentreden van de röntgenstralen ter beschikking is gesteld. Deze bestralingsmethode is derhalve vooral van belang om in die gevallen waar het hoekgebied voor de rotatie om medische redenen beperkt is, toch een voldoende uitspreiding van de totale huiddosis te krijgen. Maakt men volledig gebruik van het translatiegebied van 60 cm, dan duurt een bestraling volgens deze methode 9 min. De in deze tijd toegediende dosis is voor de meeste in de practijk van de röntgentherapie voorkomende gevallen voldoende.

Voorbereiding en verloop van een bestraling

Plaatsing van de patient

Ter voorbereiding van een bestraling moet allereerst de patient op de juiste wijze geplaatst worden, dwz. zodanig dat de ziektehaard (of een ander anatomisch vastgelegd gedeelte van het lichaam) in het middelpunt van de beweging van de röntgenbuis komt te liggen. Aangezien dit middelpunt op de as van de draaiende schijf ligt en dus vaststaat ten opzichte van het raamwerk van het bewegingstoestel (we onderstellen dat de koppelstang *K* van het parallelogrammechanisme in fig. 7 zich op haar plaats bevindt), kan dit punt in de ruimte worden aangegeven door een systeem van vast met het raamwerk verbonden lichtwijzers. Voor het produceren van deze lichtwijzers heeft men drie lichtbronnen, gedragen door draaibare armen die aan het raamwerk zijn bevestigd; een vierde lichtwijzer, die precies in de rotatie-as loopt, wordt geleverd door een bundellicht in het midden van de draaiende schijf (*fig. 10*). Door de tafel met de patient meer of minder ver naar de schijf toe te rijden en door de tafelplaat verticaal en zijwaarts te verschuiven, zorgt men dat alle lichtwijzers vallen op merktekens die van te voren op de huid van de patient zijn aangebracht. De patient heeft dan de vereiste ligging. Een vijfde lichtbron, die kan worden aangebracht op de stralenuittree-opening van de röntgenbuis, levert een lichtstraal die samenvalt met de richting van de centrale straal van de röntgenstralenkegel en die dus bij juiste plaatsing van de patient altijd op de ziektehaard moet zijn gericht. De drie genoemde armen zijn voorzien van veilig-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

heidsschakelaars, die bij een ontoelaatbare deformatie van een arm alle lichtbronnen uitschakelen, ten einde een verkeerde plaatsing van de patient te voorkomen.

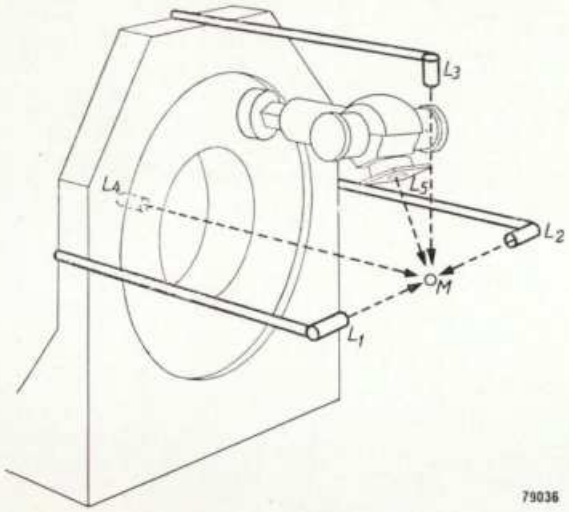


Fig. 10. Plaatsing van de patient met behulp van de lichtwijzers L_1 tot L_4. Een lichtbron die op de stralenuittree-opening van de röntgenbuis wordt aangebracht, levert een lichtstraal L_5 die samenvalt met de centrale straal van de straks uit te zenden röntgenstralenbundel. De ziektehaard (of een ander, gegeven punt in het lichaam van de patient) moet in het snijpunt M van alle lichtstralen komen te staan.

De plaatsing van de patient kan voor het begin van de bestraling nog worden gecontroleerd met behulp van een klein doorlichtingsscherm, dat aan de draaiende schijf is bevestigd tegenover de röntgenbuis. Om een verticale doorlichting mogelijk te maken — die bij een op zijn rug liggende patient vaak zeer gewenst is — is de ijzeren draagbalk van de tafel asymmetrisch eronder aangebracht, zoals in *fig. 11* is te zien. In deze figuur is ook de grootte van de mogelijke verplaatsingen van de patient aangegeven. Om voor de verplaatsing van de patient in de richting van de rotatie-as zoveel mogelijk speling te hebben, is het middelste gedeelte van de draaiende schijf van het bewegingstoestel diep uitgehold (verg. fig. 1 en 5).

Besturing en afgrenzing van de beweging

Doordat het toestel is voorzien van twee gescheiden aggregaten voor de rotatie- en translatiebeweging, die onafhankelijk van elkaar electrisch over een relaissysteem kunnen worden bestuurd, is het mogelijk de meest uiteenlopende bewegingen automatisch te doen verlopen. Van de talrijke mogelijkheden die in dit opzicht bestaan, hebben wij, ten einde de bediening zo eenvoudig en overzichtelijk mogelijk te houden, er slechts drie gekozen; deze beantwoorden aan de bovenbeschreven methodes van de bestraling met stilstaande buis, de rotatiebestraling en de oscillerende convergentiebestraling. De ervaring heeft geleerd dat het grootste gedeelte van de in de practijk voorkomende gevallen onder deze drie bestralingsmethodes kan worden gerangschikt. Ook zijn voor deze methodes de thans beschikbare gegevens wat betreft de indicaties en de vereiste dosering het meest volledig.

De beweging wordt bestuurd met behulp van een schakelkastje (*fig. 12*), dat wordt bevestigd aan de schakellessenaar, die buiten de bestralingsruimte achter een venster van loodglas is geplaatst. De drie standen van de bovenaan op het kastje zichtbare kiezer beantwoorden aan de drie vermelde bestralingsmethodes. Kiest men de bestraling met stilstaande buis, dan zijn alle mogelijkheden voor beweging van de röntgenbuis vergrendeld en kan men alleen nog van de schakellessenaar af de straling gedurende de gewenste tijd inschakelen. Zet men de kiezer in de stand voor rotatiebestraling, dan vangt na het inschakelen van de hoogspanning op de schakellessenaar de röntgenbuis automatisch haar beweging aan, en zij blijft in het hoekgebied tussen de vooraf ingestelde eindcontacten heen en weer lopen totdat de bestralingsduur, die met de tijdschakelaar van het röntgenapparaat is ingesteld, is

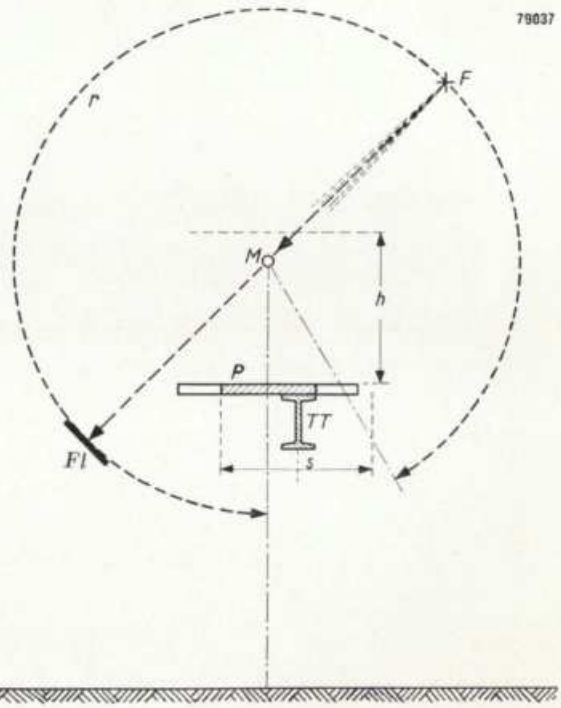


Fig. 11. De plaat P van de tafel waarop de patient wordt gelegd, kan verticaal worden verschoven over een lengte h, zijwaarts over een lengte s; F is het focus van de röntgenbuis, Fl het tegenover de buis gelegen fluorescentiescherm, waarmee in iedere positie binnen het hoekgebied r van de rotatiebeweging de patient ter contrôle kan worden doorgelicht. De ijzeren draagbalk TT van de tafel is asymmetrisch aangebracht, ten einde de verticale doorlichting mogelijk te maken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

afgelopen. De buis komt dan tot staan en de buisspanning wordt afgeschakeld. Wil men verscheidene evenwijdige stroken bestralen, dan kan men thans met behulp van de commandoschakelaar, die in fig. 12 onder de methodekiezer te zien is, de buis in de translatierichting verschuiven tot de volgende bestralingsstrook. Heeft men van tevoren het eindcontact voor de translatie op deze afstand ingesteld, dan kan men de buis tot het eindcontact laten lopen, hetgeen door een signaallampje wordt aangegeven, en hierna de reeds beschreven rotatiebestraling herhalen. Is men hiermee klaar, dan laat men, door de commandoschakelaar in de andere stand te zetten,

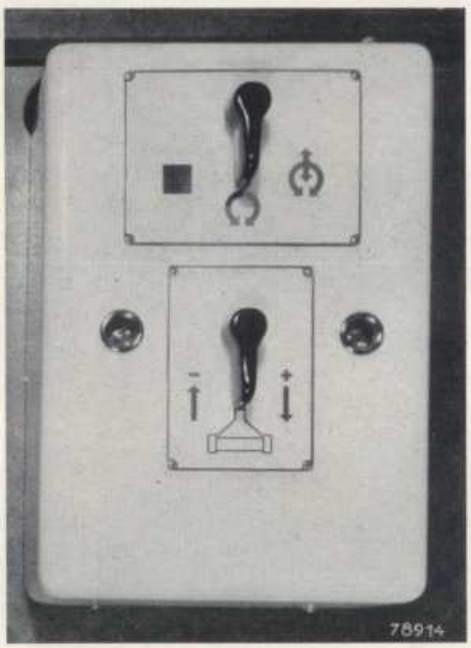


Fig. 12. Schakelkastje voor de geautomatiseerde bewegingsbestraling. Bovenaan de kiezer voor de drie bestralingsmethodes, onderaan de commandoschakelaar voor de translatie.

de buis tot het tegenovergestelde, eveneens van tevoren ingestelde, eindcontact van de translatie lopen en legt, nadat een tweede signaallamp het bereiken van deze positie heeft aangegeven, de derde bestralingsstrook [8]). Door een vergrendeling is ervoor gezorgd dat abusievelijk manipuleren van de commandoschakelaar tijdens de rotatiebeweging geen effect heeft. De rotatiebeweging wordt gecontroleerd door een centrifugale schakelaar op de bijbehorende electromotor, ten einde een verkeerde bestraling van de patient te voorkomen: alleen als de motor loopt, kan er hoogspanning op de röntgenbuis staan en straling worden geproduceerd. Weigert soms een der eindcontacten of een van de bijbehorende omschakelrelais voor de motor, dan wordt automatisch door hiertoe aangebrachte veiligheidseindcontacten de gehele installatie buiten werking gesteld, zodat de patient geen kwaad en de installatie geen schade kan worden berokkend.

Ten slotte beschouwen we nog de derde stand van de kiezer, voor oscillerende convergentiebestraling. Hierbij wordt het toerental van de translatiemotor door omschakeling van polen tot $^1/_6$ van de normale waarde teruggebracht. Bij inschakeling van de buisspanning begint de buis haar gecombineerde translatie- en heen- en weergaande rotatiebeweging. De tijdschakelaar van het röntgenapparaat stelt men in op dezelfde tijd als nodig is voor het afleggen van het translatiegebied tussen de gekozen standen van de eindcontacten. De straling en de beweging schakelen zich dan tegelijkertijd na voltooiing van de bedoelde beweging van de röntgenbuis af. Ook de beweging in translatierichting wordt door middel van een centrifugale schakelaar op de motor en veiligheidseindcontacten gecontroleerd, op dezelfde wijze als hierboven voor de rotatiebeweging werd beschreven.

Het instellen van de grenzen voor de beweging van de buis met behulp van de eindcontacten gebeurt vóór het begin van de bestraling met behulp van een handschakelaar (*H* in fig. 5), nadat men de patient in de juiste positie heeft gebracht. Zodra de persoon die de instelling moet uitvoeren, de handschakelaar van de haak neemt, wordt hij automatisch tegen röntgenstraling beschermd doordat de inschakeling van de buisspanning nu vergrendeld is. Met twee hefboompjes op de handschakelaar kan men de röntgenbuis willekeurig in de rotatie- en de translatierichting verschuiven. Met behulp van de lichtwijzer die samenvalt met de richting van de röntgenstralen, kan men zeer gemakkelijk de buisstanden opzoeken die beantwoorden aan de grenzen van de gewenste beweging en men kan dus de eindcontacten in deze standen brengen. In critieke gevallen kan men nu met behulp van de handschakelaar het volledige verloop van de straks uit te voeren bestraling nog controleren.

Na beëindiging van al deze voorbereidingen draait men de armen met de lichtwijzers terug naar het raamwerk en verwijdert de lichtbron van de stralenuittree-opening, om in dezelfde houder een loden diafragma te plaatsen. Dit diafragma laat eerst een opening vrij die correspondeert met de grootte van het bovenvermelde doorlichtingsscherm, waarmee men de contrôledoorlichting uitvoert. Vóór het begin van de bestraling schuift men het diafragma nog verder naar binnen, waardoor de

[8]) De hier beschreven eenvoudige constructieve oplossing is natuurlijk alleen mogelijk doordat men genoegen neemt met drie bestralingsstroken, waarvan de middelste het eerst wordt gelegd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

röntgenstralenkegel wordt beperkt tot de gewenste doorsnede, die aangepast is bij de grootte van de ziektehaard. Ten slotte kan er in een filterhouder vóór het diafragma eventueel nog een stralenfilter worden geplaatst (een zwaar filter is bij de bewegingsbestraling principieel niet nodig, zoals we hierboven hebben gezien). Hierna blijft de patient alleen in de bestralingsruimte achter en het verloop van de bestraling wordt, zoals beschreven, van de naburige schakelruimte uit bestuurd.

Heel in het kort moge nog worden gewezen op het hier evenals bij andere methodes van de dieptetherapie zeer belangrijke probleem van de bepaling van de haarddosis. In het algemeen moet de haarddosis worden bepaald met behulp van kleine

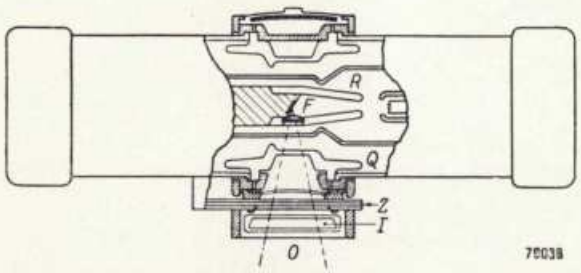


Fig. 13. Omhulsel met röntgenbuis R en ingebouwde ionisatiekamer I voor de meting van de doseringssterkte, die door de buis wordt geleverd; F focus; O stralenuittree-opening; Z filterschuif; Q oliebad, dat voor de isolatie en de koeling dient.

ionisatiekamers, die men hetzij tijdens de bestraling bij de ziektehaard plaatst, hetzij op een overeenkomstige plaats in een fantoom zet dat eerst aan een proefbestraling wordt onderworpen. In het geval van de rotatiebestraling met een vrijwel volledige cirkelbeweging van de röntgenbuis kan echter een eenvoudiger procédé worden toegepast, dat berust op de gelijktijdige meting van de doseringssterkte die door de buis wordt geleverd en van de dosis die door de patient wordt doorgelaten [9]). Voor een continue meting van de doseringssterkte van de buis is op de stralenuittree-opening van het omhulsel tussen de filterhouder en de diafragmahouder een grote, platte ionisatiekamer ingebouwd (*fig. 13*), en een bijbehorend aanwijsinstrument bevindt zich op de schakellessenaar. De doorgelaten dosis wordt bepaald door een integrerende meting met een gevoelige meetkamer, die in de centrale straal van de röntgenstralenbundel achter de patient wordt aangebracht. Hiertoe dient een verplaatsbare slede op de houder van het doorlichtingsscherm (zie fig. 5). Terwijl deze methode, zoals gezegd, alleen bij rotatiehoeken van vrijwel 360° kan worden toegepast, is in de laatste tijd ook een methode uitgewerkt die bij willekeurige kleinere rotaties een bepaling van de in de ziektehaard geabsorbeerde dosis zonder fantoomproeven mogelijk maakt [10]).

Slotopmerking

Het is wellicht niet overbodig tot slot van deze beschrijving nog eens te wijzen op de grote vrijheid in de keuze van de bewegingen waarover men bij het toestel TU 1 beschikt. Deze vrijheid is wel in hoofdzaak te danken aan het feit dat het toestel is uitgerust met twee gescheiden, electrisch bestuurde, aggregaten voor de beide vrijheidsgraden van beweging. In het bovenstaande is aangetoond hoe hiermee een ver gaande automatisering en beveiliging tegen fouten is verkregen, zonder dat de therapeutische mogelijkheden noemenswaardig zijn beperkt. De verwachting is dan ook gewettigd — en zij wordt door de reeds opgedane ervaring gestaafd — dat met het onderhavige toestel inderdaad een universele oplossing voor de behoeften van de normale röntgendieptetherapie is gegeven.

[9]) W. Neumann en F. Wachsmann, Strahlentherapie **71**, 438-449, 1942.

[10]) H. Wichmann, Tabellen zur Dosierung bei Bewegungsbestrahlung, verschijnt binnenkort.

Samenvatting. Bij de röntgenbestraling van een diep in het lichaam gelegen ziektehaard kan een nadelige uitwerking der stralen op naburige organen en vooral op de door de stralen getroffen gedeelten van de huid worden vermeden indien men de röntgenbuis tijdens de bestraling op geschikte wijze om de patient heen beweegt. De tegenwoordige betrekkelijk kleine en lichte therapie-apparaten maken het mogelijk deze beweging van de buis automatisch te laten uitvoeren door een bewegingstoestel. Het toestel Müller TU 1 is voor dit doel ontwikkeld. De röntgenbuis kan hierbij een rotatie om de horizontaal liggende patient en een translatie evenwijdig aan de lengte-as van de patient uitvoeren. Doordat afzonderlijke motoren voor de beide bewegingen worden gebruikt, die electrisch worden bestuurd, is een automatisering van de meest uiteenlopende bewegingen mogelijk. In het toestel TU 1 is de automatisering voor drie bestralingsmethodes gerealiseerd: bestraling met stilstaande buis, rotatiebestraling en oscillerende convergentiebestraling. Het artikel bevat een beschrijving van de daarbij gebruikte hulpmiddelen alsmede een korte uiteenzetting over de voorzieningen voor de juiste plaatsing van de patient en de begrenzing van de gewenste beweging van de röntgenbuis.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

EEN ELECTRONISCHE MILLIVOLTMETER VOOR GELIJKSPANNING

door A. L. BIERMASZ en A. J. MICHELS. 621.317.321.027.21

Electronische wisselspanningsmeters, die een versterker, een gelijkrichter en een draaispoelmeter bevatten, zijn genoegzaam bekend. Schakelt men vóór zo'n meter een inrichting die gelijkspanning omzet in wisselspanning, dan kan men — met het voordeel van een zeer hoge inwendige weerstand — ook gelijkspanningen meten, zonder in de moeilijkheden van gelijkspanningsversterkers verzeild te raken. De hieronder beschreven meter is aldus ingericht. Een bezwaar van vele electronische meters, namelijk dat ze slechts kunnen worden gebruikt waar een wisselstroomnet ter beschikking staat, is hier ondervangen door voeding uit droge batterijen.

In dit artikel wordt een electronische gelijkspanningsmeter beschreven die een groot aantal meetgebieden bezit, uiteenlopend van 1 mV tot 300 V voor uitslag over de volle schaal. Hij kan zowel een gewone draaispoelvoltmeter als een lichtvlekgalvanometer vervangen. Ten opzichte van de laatste heeft hij de voordelen veel robuuster te zijn, beter bestand tegen overbelasting en minder traag. Een voordeel in vergelijking met gewone voltmeters is de veel hogere inwendige weerstand, waardoor het toepassingsgebied aanmerkelijk groter is. De inwendige weerstand is namelijk in de orde van 1 MΩ in de lage, en van 100 MΩ in de hoge meetgebieden. Bij volle uitslag op de schaal van 1 mV bijv. is het stroomverbruik $1{,}5 \cdot 10^{-9}$ A, wat overeenkomt met een opgenomen vermogen van niet meer dan $1{,}5 \cdot 10^{-12}$ W. In tegenstelling met de meeste andere electronische toestellen wordt de onderhavige meter gevoed uit droge batterijen, zodat men niet is gebonden aan plaatsen waar een wisselstroomnet beschikbaar is; gedacht is o.a. aan metingen met rekstrookjes [1]) in het vrije veld. Een tweede voordeel van voeding uit batterijen is dat men kan meten tussen twee punten die zelf een hoge spanning ten opzichte van aarde hebben (bij een uit het net gevoede meter is deze spanning begrensd door de doorslagspanning van de isolatie tussen de wikkelingen van de voedingstransformator); de meter moet dan natuurlijk geïsoleerd worden opgesteld.

Staat men voor de taak een electronische gelijkspanningsmeter te ontwerpen, dan zal men misschien het eerst denken aan de combinatie van een gelijkspanningsversterker en een draaispoelmeter. Met een normale buis in de eerste trap kan men een hoge ingangsweerstand (10^9 ohm) verkrijgen. De onvermijdelijke drift van de uitslag echter is — gezien de verlangde gevoeligheid: volle uitslag bij 1 mV — vrij groot: circa 0,3 mV per uur [2]). Een gelijkspanningsversterker vraagt trouwens nauwkeurig gestabiliseerde voedingsspanningen. Dit is voor een laboratoriumopstelling geen onoverkomelijk bezwaar, maar wel voor een transportabel, uit batterijen gevoed toestel.

Een aantrekkelijker methode is die waarbij de te meten gelijkspanning wordt omgezet in een wisselspanning, welke men meet met een normale electronische wisselspanningsmeter, bestaande uit een wisselspanningsversterker, een gelijkrichter en een draaispoelmeter.

Voor het omzetten van de gelijkspanning in een wisselspanning komen hier twee manieren in aanmerking: die met een trilcondensator en die met een trilcontact.

De methode met trilcondensator is meermalen in dit tijdschrift beschreven [3]) [4]). Het principe is als volgt. De te meten gelijkspanning komt te staan op de serieschakeling van een hoge weerstand en de trilcondensator. Deze laatste bestaat uit één vaste en één beweeglijke plaat, met lucht als diëlectricum. Een electrodynamisch luidsprekersysteem, gevoed door een buisoscillator, houdt de beweeglijke plaat in trilling, zodat de capaciteit periodiek varieert. Evenals bij een condensatormicrofoon, ontstaat aan de condensator een wisselspanning, waarvan de amplitude evenredig is met de aangelegde gelijkspanning.

Ook deze methode heeft het voordeel van een zeer hoge ingangsweerstand (bijv. 10^{10} ohm). Ze kan goede resultaten geven, mits de te meten

[1]) A. L. Biermasz en H. Hoekstra, Philips techn. T. **11**, 23-31, 1949.

[2]) Een nog veel hogere ingangsweerstand (10^{14} ohm) is te bereiken met een electrometertriode (H. van Suchtelen, Philips techn. T. **5**, 59-64, 1940), doch deze heeft een nog aanmerkelijk grotere drift.

[3]) C. Dorsman, Een p_H-meter met zeer grote ingangsweerstand, Philips techn. T. **7**, 24-32, 1942.

[4]) J. van Hengel en W. J. Oosterkamp, Een dynamische electrometer met directe aanwijzing, Philips techn. T. **10**, 338-346, 1948.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

spanning niet zeer laag is. Wanneer deze echter millivolts bedraagt — en onze meter moet fracties van een millivolt kunnen meten —, krijgt men last van het verschijnsel dat de trilcondensator ook bij afwezigheid van een gelijkspanning al een merkbare wisselspanning voortbrengt. Dit verschijnsel moet worden toegeschreven aan kleine verschillen in uittreepotentiaal van het materiaal waaruit de condensatorplaten bestaan [5]). Door de platen van een zelfde, zeer zuiver, metaal te maken kan men dit effect terugbrengen tot enige millivolts. Voor ons doel is dit niet laag genoeg, en bovendien kan het effect weer toenemen door binnengedrongen stof en vocht, waarop vooral bij een buitenshuis gebruikt instrument kans bestaat.

We hebben daarom onze keus laten vallen op het systeem met trilcontact. Dit contact sluit periodiek de ingang van de wisselspanningsversterker kort en doet aldus een kanteelspanning ontstaan, die afwisselend de grootte van de te meten spanning heeft en nul is.

De uitgangsstroom van de versterker moet worden gemeten met een draaispoelmeter en daartoe worden gelijkgericht. Voor het gelijkrichten kan men gebruik maken van een tweede trilcontact, dat precies in faze of in tegenfaze met het eerste open- en dichtgaat.

De verdere onderdelen waaruit het instrument bestaat, zijn een regelbare verzwakker, waarmee men op het gewenste meetgebied instelt, en een filter, dat de wisselspanning verzwakt die eventueel op de te meten gelijkspanning is gesuperponeerd (zie het blokschema *fig. 1*).

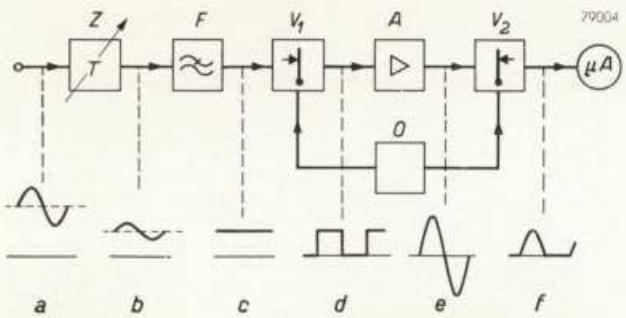


Fig. 1. Blokschema van de gelijkspanningsmeter GM 6010. *Z* regelbare verzwakker in T-schakeling. *F* laag doorlatend filter. V_1 triller die de gelijkspanning omzet in een kanteelspanning. *A* wisselspanningsversterker. V_2 triller die de uitgangsstroom van de versterker gelijkricht. *μA* micro-ampèremeter. *O* oscillator, die de trillers aan de gang houdt.

Bij *a* is voorgesteld de te meten gelijkspanning met rimpel, bij *b* de uitgangsspanning van de verzwakker, bij *c* de uitgangsspanning van het filter, bij *d* de kanteelspanning, bij *e* de uitgangsspanning van de versterker, en bij *f* de enkelfazig gelijkgerichte stroom, die door de μA-meter loopt.

[5]) Zie blz. 28 en 29 van het artikel [3]).

Het uiterlijk van de meter, die het typenummer GM 6010 draagt, is te zien in *fig. 2* [6]). *Fig. 3a* toont het batterijencompartiment, fig. 3*b* het chassis.

Fig. 2. De millivoltmeter GM 6010. Van links naar rechts: knop van de verzwakker, knop voor de nulpuntsinstelling (compensatiestroom), knop voor de correctie van de versterking, en knop met standen voor nulpuntsinstelling, meting van de batterijspanningen, ijking en twee polariteiten.

De triller

De contacten

De twee trillers van fig. 1 zijn in de meter GM 6010 gecombineerd tot één bladveer, aan weerskanten waarvan een contactschroef is opgesteld, waarmee de veer beurtelings contact maakt (*fig. 4*).

Om meetfouten te voorkomen, moet het contactmaken zonder klapperen gebeuren, en de tijd die de veer nodig heeft om van de ene contactschroef naar de andere over te steken, moet kort zijn ten opzichte van de periode (circa 2%). Voor het klappervrij contactmaken is het nodig dat de snelheid waarmee de bladveer tegen de contactpunten botst, klein is [7]). Daartoe worden de contactschroeven zo ingesteld dat de amplitude van de veer daar ter plaatse een kleine en zeer bepaalde waarde heeft (ongeveer 10 μ; de amplitude van het vrije eind van de veer is dan circa 0,5 mm).

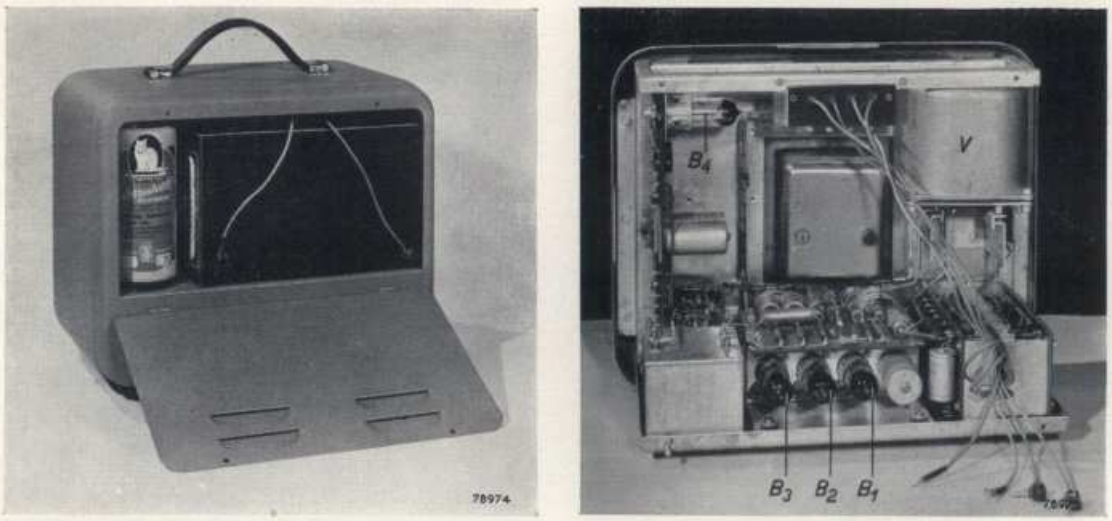
Of het contactmaken zonder klapperen geschiedt en of de oversteektijd kort genoeg is, wordt ge-

[6]) De ontwikkeling van deze meter is begonnen door Ir. J. M. L. Janssen, nu niet meer bij Philips werkzaam.

[7]) Vgl. J. A. Haringx, Over trillingen van contactveren, Philips techn. T. **7**, 155-159, 1942.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



a *b*

Fig. 3. *a*) De meter GM 6010, met geopend batterijencompartiment. *b*) Chassis. B_1, B_2 en B_3 zijn de buizen van de versterker, B_4 is de buis van de oscillator. *V* is de triller.

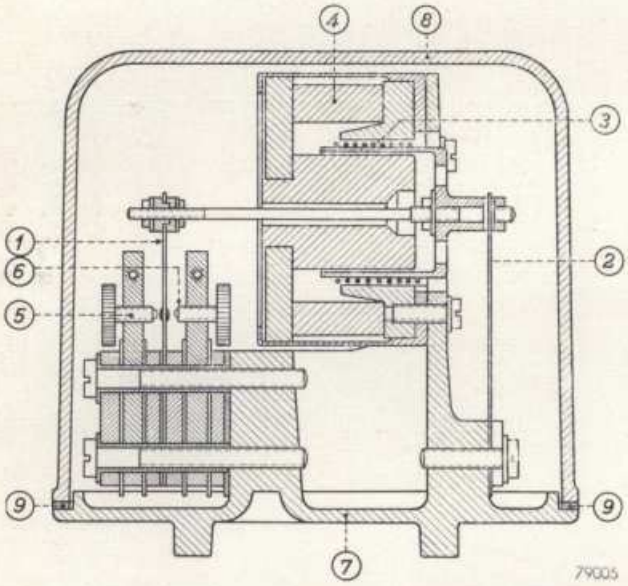


Fig. 4. Doorsnede van de triller. *1* en *2* zijn eenzijdig ingeklemde bladveren, in trilling gehouden door een electrodynamisch aandrijfsysteem, bestaande uit de spoel *3* en de permanente magneet *4*. De veer *1* maakt beurtelings contact met de schroeven *5* en *6*. *7* bodemplaat, *8* beschermkap, *9* rubberdichting.

controleerd in een schakeling volgens *fig. 5a*, met behulp van een oscillograaf, die een beeld als fig. 5*b* te zien moet geven.

Bij de constructie van de triller moet worden gelet op de volgende mogelijke bronnen van meetfouten:

1) thermospanning, als gevolg van plaatselijke verwarming door de botsing bij het contactmaken [8]);
2) contactpotentiaal, door verschil in chemische samenstelling van de contactmakende stoffen;
3) electrische dubbellaagjes, als gevolg van binnengedrongen stof en vocht.

Deze foutenbronnen zijn zo goed mogelijk vermeden door de contactdruk klein te kiezen (dus

[8]) Geheel nieuwe trillers hebben betrekkelijk zachte contactoppervlakken. In de fabricage laat men ze een tijd werken („inlopen"), waarbij aanvankelijk smelten van de microscopisch kleine uitstekende puntjes optreedt — wat bewijst dat er zeer aanzienlijke, zij het ook kortstondige temperatuurverhogingen optreden. Door het inlopen worden de contactoppervlakken gladder en harder, zodat geen verdere mechanische vervorming meer optreedt.

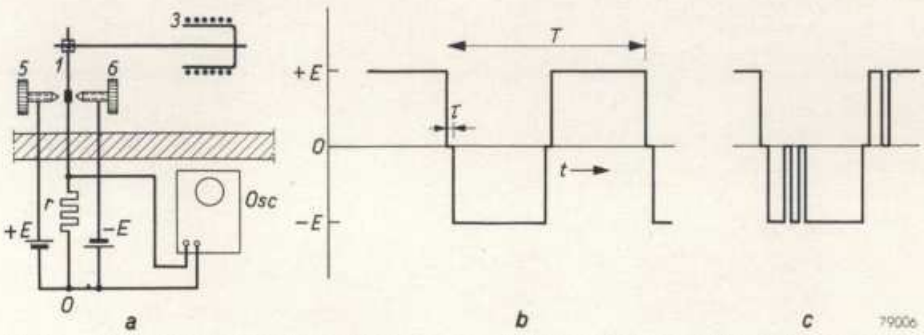


Fig. 5. *a*) Schakeling voor het controleren van de triller. Over de weerstand *r* komen afwisselend de spanningen $+E$ en $-E$ te staan. De oscillograaf *Osc* moet het beeld (*b*) te zien geven, zonder stoorimpulsen als in (*c*), en met een oversteektijd τ die ongeveer 2% van de periode *T* bedraagt. Betekenis van de cijfers als in fig. 4.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

de bladveer slap), door verder als contactmateriaal goud te gebruiken (dat beter voldoet dan bijv. platina of rhodium), en door de triller zo goed mogelijk van de buitenlucht af te sluiten.

Aldus is het gelukt de restspanning die door de drie genoemde oorzaken ontstaat, terug te brengen tot 20 à 30 μV, dus tot een waarde die ongeveer een factor 1000 kleiner is dan bij een trilcondensator. De meter is voorzien van een inrichting waarmee men de kleine uitslag die het gevolg van de restspanning is (2 tot 3 schaaldelen), kan doen verdwijnen; er kan namelijk een regelbare compensatiestroom in tegengestelde richting door de draaispoelmeter worden geleid.

Het onderhouden van de trilling

Het eenvoudigste principe om de triller aan de gang te houden, is dat van de electrische bel. Alles wat men dan nodig heeft, is een magneetspoeltje en een daarmee in serie geschakeld extracontact op de trillende veer, en het geheel zou bijv. uit het gloeistroomelement kunnen worden gevoed. Het blijkt echter dat deze eenvoudige methode geen bevredigende resultaten geeft; de veer komt gemakkelijk in een andere dan de grondtrillingstoestand, en dan is een instelling zonder klapperen practisch niet meer te realiseren.

Om deze reden hebben wij een electrodynamische aandrijving toegepast, zoals fig. 4 laat zien. De wisselstroom voor de aandrijfspoel wordt geleverd door een oscillator met een buis DAF 41, in de schakeling van Hartley. De trillingskring wordt gevormd door de spoel zelf, waarvan *fig. 6* het

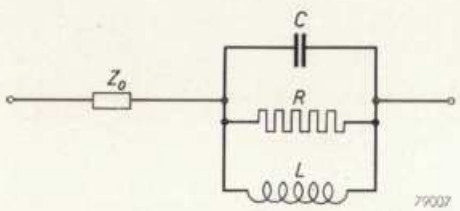


Fig. 6. Vervangingsschema van de trillende aandrijfspoel. Z_0 is de impedantie van de spoel in rust.

vervangingsschema is. De totale impedantie Z van deze keten moet bij resonantie groot zijn, om al bij een geringe steilheid S van de oscilleerbuis te voldoen aan de oscillatievoorwaarde: SZ = constant.

De parameters C, R en L van dit schema kunnen als volgt uit de mechanische gegevens worden afgeleid. De bewegende massa zij m, de veerconstante c, de dempingsfactor k, de snelheid v en de hoekfrequentie ω. Dan geldt voor de kracht F die in de stationnaire toestand op het bewegende systeem werkt:

$$F = (j\omega m + k + \frac{1}{j\omega c})\, v. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Geven we met e de klemspanning van de spoel aan, met e_i de geïnduceerde electromotorische kracht, met Z_0 de impedantie van de spoel in rust en met i de stroom, dan is

$$e = iZ_0 - e_i. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Voorts geldt:

$$F = ai \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

en

$$e_i = -av, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

waarin $a = Bl$, als B de magnetische inductie in de luchtspleet is en l de draadlengte van de spoel.

Eliminatie van F, v en e_i uit (1), (2), (3) en (4) geeft voor de impedantie Z van de trillende spoel:

$$Z = \frac{e}{i} = Z_0 + \frac{1}{j\omega \dfrac{m}{a^2} + \dfrac{k}{a^2} + \dfrac{1}{j\omega ca^2}}.$$

Uit deze vergelijking en fig. 6 volgt: $C = m/a^2$, $R = a^2/k$ en $L = ca^2$. Bij resonantie is $\omega m/a^2 = 1/\omega ca^2$, zodat de resonantiefrequentie wordt bepaald door mc, en Z overgaat in $Z_0 + a^2/k$, waarin Z_0 ongeveer de gelijkstroomweerstand van de spoel is. Voor gemakkelijk oscilleren dient men a^2/k groot te maken, dwz. a groot (sterk magnetisch veld, veel windingen) en k klein (geringe demping).

In ons geval heeft de zelfinductie L in het vervangingsschema een waarde van 0,25 H en de capaciteit C een waarde van 20 μF. Hieruit volgt een resonantiefrequentie van circa 70 Hz. Bij deze lage frequentie is de impedantie van de spoel in rust, Z_0, nagenoeg een weerstand van 800 ohm. De totale impedantie van het met zijn eigen frequentie trillende spoeltje is ongeveer 7000 ohm, zodat voor oscilleren een kleine steilheid al voldoende is. Deze hoge waarde is te danken aan verschillende maatregelen ter vermindering van de demping: de luchtdemping is klein gehouden door de spoelkoker enigszins te stroomlijnen en hem van openingen te voorzien, en dank zij een verende ophanging van de gehele triller treedt maar weinig verlies op door energie-overdracht aan het gestel. Het vermogen dat de spoel opneemt, bedraagt enige milliwatts.

De versterker

De versterker bestaat uit drie trappen, de eerste en de tweede met een buis DAF 41, en de eindtrap, wegens de vereiste lineariteit, met een buis DL 41 [9]) (*fig. 7*).

In de anodekring van deze laatste is een uitgangstransformator opgenomen. De kern heeft een luchtspleet, ter voorkoming van gelijkstroomverzadiging, die de schaal niet-lineair zou maken. De primaire spoel van de transformator is met een parallelcondensator ongeveer afgestemd op de frequentie van de triller. Daardoor wordt, hoewel de

[9]) De buis DL 41 is besproken in Philips techn. T. **10**, 346-351, 1948.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

ingangsspanning een rechthoekige krommevorm heeft, de uitgangsspanning nagenoeg sinusvormig. De parallelcapaciteit heeft invloed op de faze van de uitgangsspanning en wordt, voor goede gelijkrichting, zo gekozen dat deze spanning door nul gaat in de oversteektijd van de triller.

Op de secundaire spoel is, in serie met de triller, de draaispoelmeter aangesloten, die dus wordt doorlopen door enkelfazig gelijkgerichte stroom.

Het filter

Direct achter de verzwakker is het al genoemde filter geschakeld (fig. 8), dat tot taak heeft een wisselspanning („brom") die eventueel op de gelijkspanning gesuperponeerd is, en die een meetfout zou kunnen veroorzaken, te verzwakken. Het filter bestaat uit weerstanden en condensatoren, en is zo gedimensionneerd dat een wisselspanning van 50 Hz 500 × wordt verzwakt. Dit betekent dat

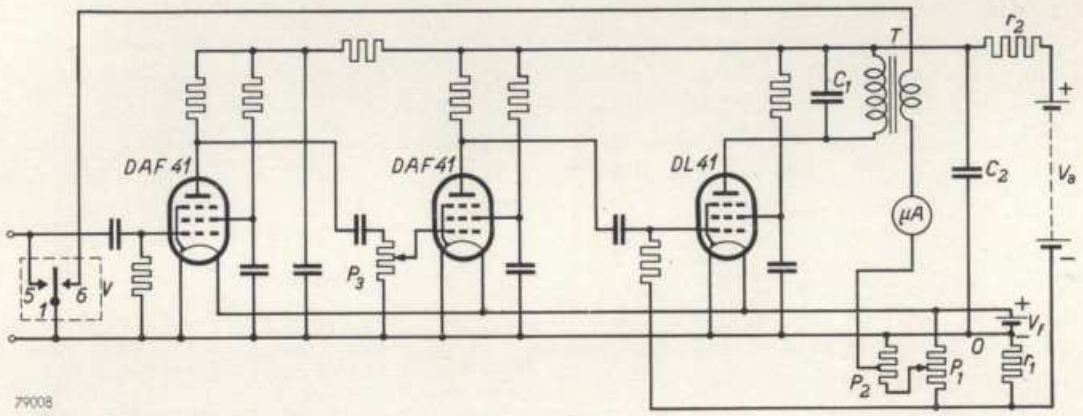


Fig. 7. Schema van de versterker en de triller, enigszins vereenvoudigd.
V triller, met veer *1*, kortsluitcontact *5* en gelijkrichtcontact *6*. De uitgangstransformator *T* is met de condensator C_1 ongeveer op de frequentie van de triller (ca. 70 Hz) afgestemd. V_a spanning van de anodebatterij (nominaal 90 V). V_f gloeispanning (nominaal 1,4 V).
De weerstand r_1, doorlopen door de anode- en de schermroosterstromen, geeft negatieve roosterspanning aan de eindbuis DL 41 en maakt bovendien dat men aan het glijcontact van de potentiometer P_1 zowel positieve als negatieve spanning ten opzichte van het punt *0* kan krijgen. Met P_1 wordt (via de vaste spanningsdeler P_2) een zodanige hulpstroom door de μA-meter gestuurd dat de uitslag die van de restspanning afkomstig is, juist wordt gecompenseerd. De potentiometer P_3 dient voor het corrigeren van de versterking.
In serie met de anodebatterij is een weerstand r_2 (3900 ohm) geschakeld, die de invloed van veranderingen van de inwendige weerstand dezer batterij zeer klein maakt. C_2 is de bijbehorende ontkoppelcondensator.

Dit heeft het voordeel dat het instrument ook de polariteit van de te meten spanning aangeeft: draait men deze polariteit om, dan wordt immers de andere halve sinusgolf van de uitgangsstroom doorgelaten en slaat de meter dus andersom uit. Er is een schakelaar aangebracht waarmee men de draaispoelmeter kan commuteren.

Overige onderdelen

De verzwakker

De verzwakker bestaat uit drie groepen van weerstanden, R_1, R_2 en R_3, in T-schakeling (*fig. 8*). Een schakelaar, die R_1, R_2 en R_3 bedient, geeft keus uit twaalf gebieden, met de volgende gevoeligheden: volle uitslag bij 300 V, 100 V, 30 V, ... 3 mV, 1 mV. De ingangsweerstand is het grootst (100 MΩ) in die standen waarin voor de maximale uitslag 1 V of meer nodig is, en het kleinst (0,6 MΩ) in de gevoeligste stand. De maximale fout in de verzwakker is ongeveer 2%.

een rimpelspanning die 10 × zo groot is als de te meten gelijkspanning, nog geen merkbare invloed heeft. (Voorwaarde is echter dat de rimpelspanning niet groter is dan 5 V, omdat anders via een parasitaire capaciteit een zodanige wisselspanning op de ingang van de versterker komt te staan dat deze overbelast zou worden.)

Met de filtercondensatoren heeft zich aanvankelijk een moeilijkheid voorgedaan, die in het volgende wordt besproken.

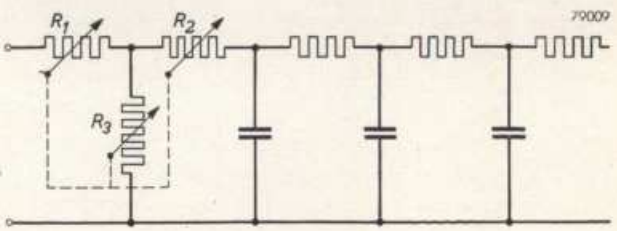


Fig. 8. Verzwakker en filter. R_1, R_2 en R_3 zijn drie groepen van weerstanden in T-schakeling, bediend door één knop met twaalf standen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Nawerkingsverschijnsel en wrijvingselectriciteit

Volgens het oorspronkelijke ontwerp werden in het filter normale condensatoren met papierdiëlectricum gebruikt. Indien men de verzwakker tevoren steeds op het juiste meetgebied instelt, komt op de filtercondensatoren een spanning van niet meer dan 1 mV te staan. Door een verkeerde manipulatie echter kan er een veel hogere spanning op komen, bijv. als de te meten spanning 100 V is en de verzwakker in de stand voor max. 1 mV staat. Het instrument is daartegen bestand (dank zij het feit dat bij overbelasting de versterking aanzienlijk afneemt), maar de moeilijkheid was dat de lading van de filtercondensatoren slechts zeer langzaam verdween, zodat men langer dan een uur moest wachten voordat het instrument weer bruikbaar was geworden.

Dit wordt gedemonstreerd door de volgende proef. Een papiercondensator, met een capaciteit $C = 0{,}22$ μF, wordt geladen tot 100 V en vervolgens ontladen over een weerstand $R = 1{,}68$ MΩ. Aanvankelijk daalt de spanning volgens het verwachte exponentiële verloop, met de tijdconstante $RC = 0{,}37$ s — totdat een waarde van ongeveer 1 mV is bereikt. De verdere spanningsdaling, die in *fig. 9* in beeld is

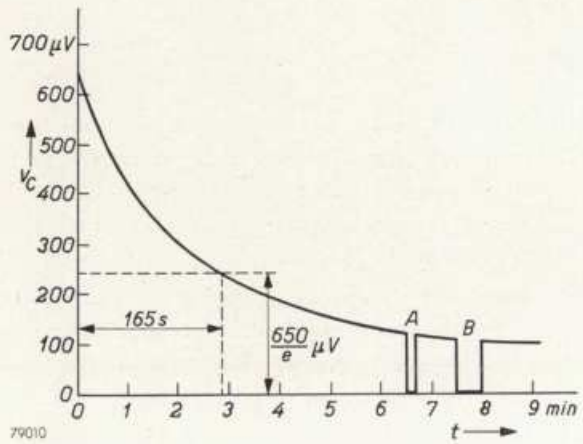


Fig. 9. Diëlectrische nawerking in een papiercondensator. De condensator was geladen tot een spanning van 100 V en ontlaadt zich over een weerstand (tijdconstante $RC = 0{,}37$ s). De figuur laat zien hoe de condensatorspanning v_C afneemt vanaf het ogenblik waarop ze de waarde 650 μV had bereikt. v_C daalt nu veel langzamer dan aanvankelijk, min of meer exponentieel met een tijdconstante van ca. 165 s. Na kortere of langere kortsluiting (bij A en B) keert de spanning v_C terug tot ongeveer de waarde die ze vóór het kortsluiten had.

gebracht, verloopt veel langzamer, bij benadering exponentieel met een tijdconstante van 165 s, dus ongeveer $500\,RC$. Het duurt omstreeks een uur voordat de restspanning is gedaald tot 10 μV (= 1 schaaldeel uitslag op de meter GM 6010). Kortsluiten van de condensator helpt niet, daar na opheffing van de kortsluiting ongeveer de oorspronkelijke spanning terugkeert (zie bij A en B in fig. 9).

We hebben hier te doen met een nawerkingsverschijnsel. In het diëlectricum worden ionen gevormd, die slechts langzaam verdwijnen. Sommige materialen vertonen dit effect in veel mindere mate dan andere. In polystyreen bijv. treedt het slechts in geringe mate op, de vertraging is daar circa $^1/_{50}$ van die in papier. Daarom worden in de meter GM 6010 filtercondensatoren met polystyreendiëlectricum gebruikt.

Aangezien ook het isolatiemateriaal van de aansluitklemmen nawerking kan vertonen, is hiervoor eveneens van polystyreen gebruik gemaakt.

Een ander soort storing vindt zijn oorzaak in wrijvingselectriciteit, opgewekt aan het isolatiemateriaal van de toevoerdraden. Vooral als deze zijn geïsoleerd met een plasticum, kan door wrijving, buiging of trilling een statische lading ontstaan, die een grote wijzeruitslag geeft. Daarom gebruike men rubbersnoer, of, beter nog, blanke verbindingen, zo nodig ondersteund door keramische isolatoren.

De ijking

Electronische meters moeten bij voorkeur voorzien zijn van een inrichting waarmee zij te allen tijde kunnen worden geijkt. Dit moet zeker het geval zijn bij meters gevoed uit droge batterijen, waarvan de spanning uiteenlopende waarden kan hebben, en ook als de versterker, zoals bij de GM 6010, geen tegenkoppeling bevat.

In de eerste plaats wordt bij de GM 6010 gecontroleerd of de voedingsspanningen tussen de gestelde grenzen liggen. Dit gebeurt met de draaispoelmeter, die, in bepaalde standen van de ijkknop, als gewone voltmeter werkt. De anodebatterij moet een spanning hebben tussen 95 en 75 V, het gloeistroomelement een spanning tussen 1,55 en 1,05 V.

Een spanningsdeler van vaste weerstanden levert een bepaalde fractie $(1/A)$ van de gloeispanning V_f. In de volgende stand van de ijkknop wordt deze spanning V_f/A op de ingang van de triller gezet, en met een sterkteregelaar (de potentiometer P_3 in fig. 7) regelt men nu de versterking zodanig dat de meter weer V_f aanwijst, dus dezelfde uitslag geeft als bij de rechtstreekse meting van de gloeispanning. Men is er dan zeker van dat de versterking de vaste waarde A heeft, waarop de ijking van de schaal is gebaseerd.

Samenvatting. Beschrijving van een electronische gelijkspanningsmeter (type GM 6010), waarbij een triller de te meten gelijkspanning omzet in een rechthoekige spanning, die door een wisselspanningsversterker wordt versterkt. Een tweede contact op de triller richt de uitgangsstroom van de versterker gelijk, en de gelijkgerichte stroom loopt door een draaispoelmeter. De triller wordt in beweging gehouden door een electro-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

dynamisch aandrijfsysteem, waarvan de spoel deel uitmaakt van een buisoscillator. Versterker en oscillator worden gevoed uit droge batterijen, zodat men niet is gebonden aan plaatsen waar een wisselstroomnet ter beschikking staat. Daar de meter los is van het net, kan men er spanningen mee meten tussen punten die zelf een hoge spanning ten opzichte van aarde hebben.

Vóór de triller bevinden zich een regelbare verzwakker en een filter. De verzwakker heeft twaalf standen, corresponderend met volle uitslag bij 300 V, 100 V, 30 V, ... 3 mV en 1 mV. De ingangsweerstand loopt uiteen van 100 MΩ in de standen voor max. 1 V en hoger, tot 0,6 MΩ in de stand voor 1 mV. Het filter verzwakt een wisselspanning die eventueel op de te meten gelijkspanning is gesuperponeerd. Het diëlectricum van de filtercondensatoren en de isolatie van de aansluitklemmen bestaan uit polystyreen, dat slechts geringe nawerking vertoont.

Het instrument bevat een ijkinrichting, waarmee het te allen tijde kan worden geijkt.

EEN PROFESSIONELE CINEMAPROJECTOR VOOR 16 mm-FILM

door J. J. KOTTE. 778.55.068.25

De 16 mm-film dankt haar ontstaan aan de wens, ook amateurs, die enigszins zuinig moeten zijn met filmmateriaal, het filmen mogelijk te maken. De kosten van de film en ook van de apparatuur bleven echter een bezwaar en eerst de komst van de 8 mm-film bracht het amateurfilmen binnen het bereik van velen. Toch handhaafde zich het 16 mm-formaat en verwierf zich een eigen toepassingsgebied, waarin bijv. de instructie- en onderwijsfilms een belangrijke plaats innemen. De gebruikers zijn thans merendeels vakmensen, die aan hun apparatuur veel hogere eisen stellen dan amateurs, zowel wat betreft de kwaliteit van beeld en geluid als wat betreft de betrouwbaarheid.

De meeste huidige 16 mm-projectors zijn verdere ontwikkelingen en verbeteringen van de oorspronkelijk voor amateurs bestemde apparatuur. In de projector die sedert enige tijd door Philips wordt vervaardigd, is met dit amateuristische verleden geheel gebroken. De bediening is echter zo eenvoudig gebleven dat ook ongeschoolden de projector kunnen gebruiken.

Naast filmprojectors voor 35 mm-film vervaardigt Philips sedert enige tijd ook een gemakkelijk transportabele projector voor 16 mm-smalfilm, type EL 5000, afgebeeld in *fig. 1*, die speciaal voor professioneel gebruik is ontwikkeld. De behoefte aan een dergelijke smalfilmprojector is ontstaan als gevolg van de verschuiving in het toepassingsgebied van de 16 mm-film van de amateurs- naar de professionele sector [1]).

Met het oog op het professionele gebruik is speciale aandacht besteed, niet alleen aan de kwaliteit van beeld en geluid, maar ook aan het verkrijgen van een grote lichtstroom — om op een scherm van grote afmetingen te kunnen projecteren (tot 4 m × 3 m) — en aan een robuuste betrouwbare uitvoering, om een voortdurend gebruik van vele uren per dag mogelijk te maken. De lichtstroom die op het doek valt indien er geen film is ingelegd, bedraagt 500 lumen, bij gebruik van een 750 watt gloeilamp. Dit steekt gunstig af bij de waarden van 200 en 275 lumen, die gewoonlijk resp. als acceptabel en zeer goed worden beschouwd [2]).

In het onderstaande vindt men de middelen beschreven waarmee de grote lichtstroom is verkregen. Hierbij komen het optische systeem, de vlinder en het opzetmechanisme ter sprake. Op de bijzonderheden van dit laatste, dat van de gebruikelijke uitvoeringen afwijkt, wordt vervolgens enigszins dieper ingegaan. Daarna worden enige constructieve details behandeld die men gedeeltelijk ook in de door Philips vervaardigde normale 35 mm-projectors aantreft. Ten slotte wordt de geluidsinstallatie kort besproken.

De lichtstroom

De maximale lichtstroom Φ_{th} die theoretisch door een filmprojector op het doek kan worden geworpen, wordt uitsluitend bepaald door de oppervlakte O van het filmvenster, de luminantie (helderheid) B_0 van dit venster en de hoek α waaronder de werkzame diameter van het objectief wordt

---

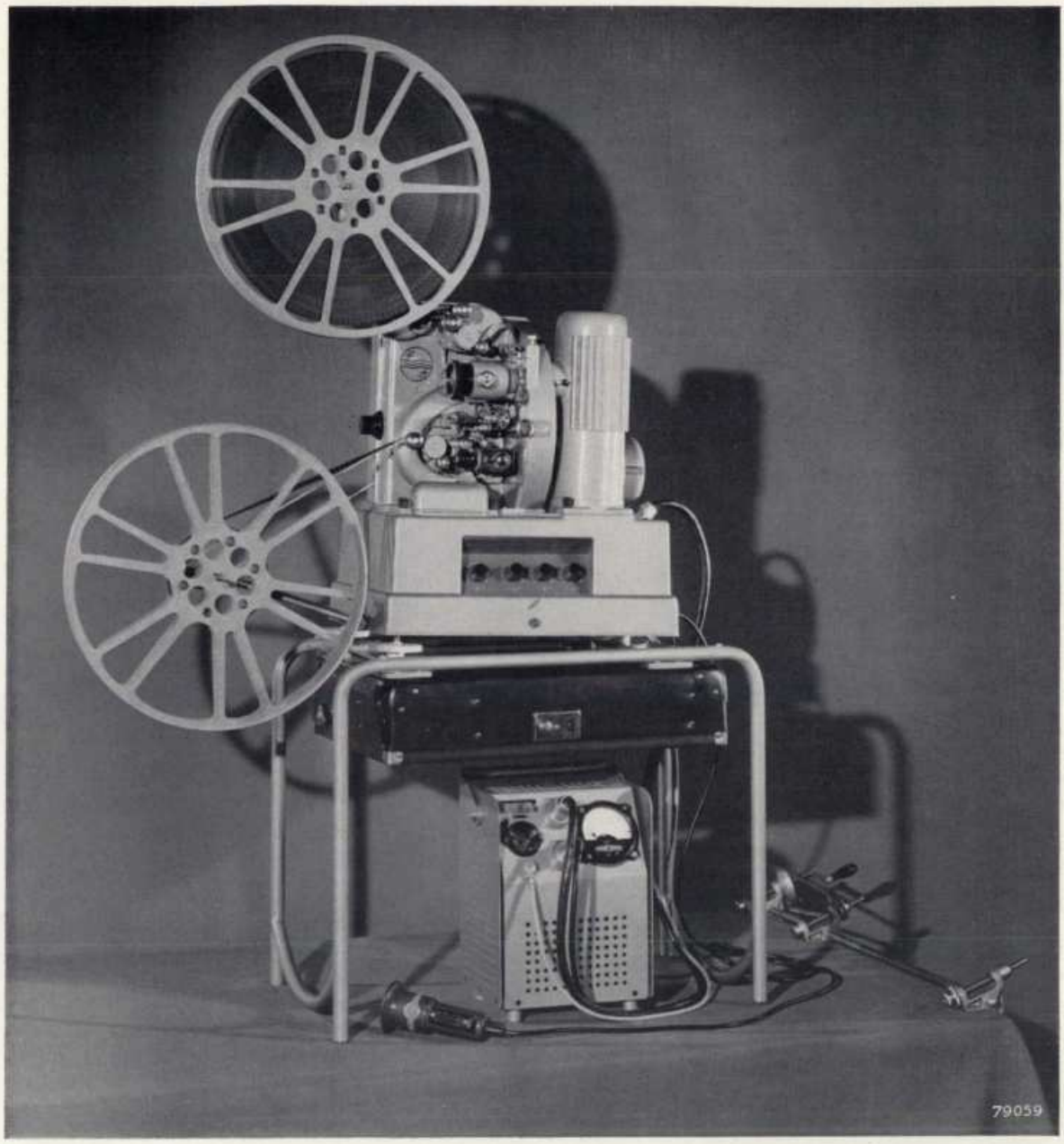
[1]) Voor een overzicht van de toepassingsgebieden van 16 mm- en 8 mm-film zie men bijv. het geheel aan smalfilm gewijde Septembernummer 1953 van het tijdschrift „Kino-Technik".

Uitvoerige beschouwingen over vele aspecten van 16 mm-film, o.a. industriële toepassingen, vindt men in het boek van W. H. Offenhauser jr., 16 mm sound motion pictures, Interscience Publishers, New York 1949.

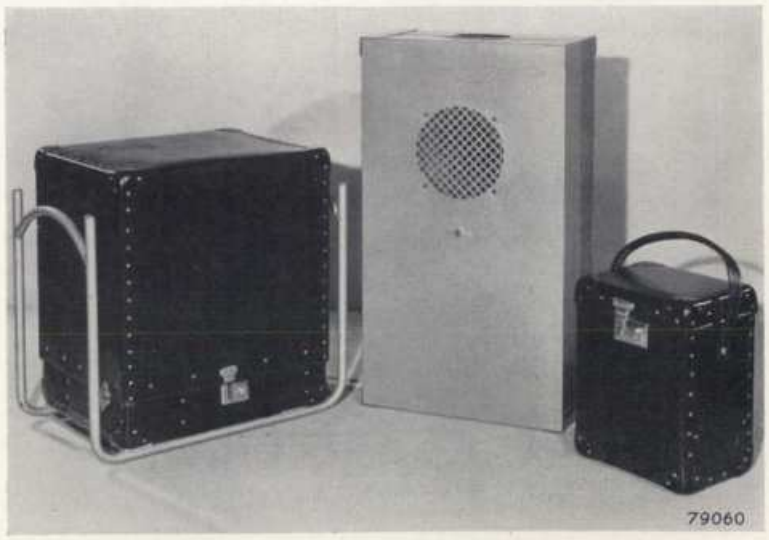
[2]) Zie bijv. het in [1]) aangehaalde boek van Offenhauser, blz. 452 en 453.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



a



b

Fig. 1. *a*) De 16 mm-geluidsfilmprojector EL 5000 gereed voor gebruik. Het geheel is op een normale tafel geplaatst en de bovenspoel reikt dan ongeveer tot manshoogte. Onder de projector ziet men een transformator die de netspanning op 110 volt brengt. Links daarvan ligt een handmicrofoon, geheel rechts een terugspoelapparaat. *b*) De installatie wordt getransporteerd in drie koffers. De linkse bevat de projector; de middelste twee luidsprekers met hun aansluitkabels, de spoelen en het terugspoelapparaat; de rechtse de transformator.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

gezien uit een punt van het venster (*fig. 2*). Er geldt nl. [3]):

$$\Phi_{th} = \pi B_O \cdot O \sin^2 \tfrac{1}{2} a.$$

Een bekende stelling uit de optica leert dat voor een optisch stelsel zonder absorptie- of reflectieverliezen, de helderheid langs een lichtstraal constant is. Daar zulke verliezen in ieder optisch stelsel optreden, is B_O steeds kleiner dan de luminantie B van de lichtbron. In het objectief treden

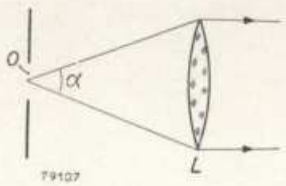


Fig. 2. Het filmvenster O wordt door de (niet getekende) verlichtingsoptiek gelijkmatig verlicht. Daar het projectiescherm zeer ver weg is, staat het filmvenster practisch in het brandvlak van het objectief L, dat hier voor de eenvoud door één lens is voorgesteld.

nogmaals absorptie- en reflectieverliezen op. Een verder onvermijdelijk verlies, dat wij nog nader zullen bespreken, wordt veroorzaakt door de vlinder. Brengen wij al deze verliezen in rekening door een factor k, dan is dus de door een projector geleverde lichtstroom:

$$\Phi = k\pi B\, O \sin^2 \tfrac{1}{2} a. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Daar de oppervlakte van het filmvenster door het filmformaat is vastgelegd (0,75 cm² voor 16 mm-film), moet men, om een maximale lichtopbrengst te krijgen, de waarden van B, $\sin^2 \frac{1}{2}a$ en k zo hoog mogelijk opvoeren.

Formule (1) is alleen geldig wanneer de verlichtingsapparatuur (hier de lamp en de condensor) zo is uitgevoerd dat voor ieder punt van het filmvenster is voldaan aan de voorwaarde dat de stralenbundel die door dit punt gaat, het objectief geheel „vult" (*fig. 3a*). In principe is zo'n uitvoering steeds mogelijk, maar in de praktijk moet men, om met een lichtbron van redelijke afmetingen en een niet te kostbare condensor uit te komen, er genoegen mee nemen dat aan de gestelde voorwaarde alleen wordt voldaan voor punten in het centrum van het filmvenster. Stralenbundels gaande door punten van dit venster die niet in het centrum liggen, vullen dan het objectief slechts gedeeltelijk (fig. 3*b*). Het gevolg daarvan is dat de verlichtingssterkte op het projectiescherm naar de randen toe afneemt. Een tweede oorzaak voor dit afnemen is, dat zeer scheef invallende bundels gedeeltelijk door de begrenzing van het objectief worden onderschept.

Het is in de filmtechniek gebruikelijk als geleverde lichtstroom de waarde op te geven die correspondeert met een gelijkmatig verlicht projectiescherm dat een verlichtingssterkte heeft gelijk aan de gemeten waarde in het midden van dit scherm. Dit doet men omdat de meting van de, steeds kleinere, werkelijke lichtstroom vrij gecompliceerd is.

De lichtbron

Voor een transportabele projector is een gloeilamp de aangewezen lichtbron, daar zo'n lamp klein is van afmetingen en licht van gewicht, en zonder gecompliceerde voorschakelapparatuur op het net kan worden aangesloten. Om verschillende redenen van practische aard is besloten een lamp te gebruiken van 750 watt en 110 volt met een levensduur van 25 uur. (De temperatuur van de gloeidraad kan hoger en de luminantie dus groter zijn, naarmate men met een kortere levensduur genoegen neemt.) De in formule (1) voorkomende B stelt de gemiddelde luminantie voor van het door de gloeispiralen (het filament) gevulde vlak. Om deze B zo groot mogelijk te maken, is, zoals zichtbaar is in *fig. 4*, een tweevlaksfilament gebruikt, waarachter een holle spiegel is aangebracht [4]). Ten einde deze spiegel inwendig op de ballonwand te kunnen aanbrengen, is de ballon ter plaatse van het gloeilichaam bolvormig uitgeblazen. Bij de geheel cilindervormige ballons van de normale gloeilampen voor smalfilmprojectie (fig. 4) moet men een uitwendige spiegel gebruiken. Deze is, om beschadiging te voorkomen, steeds aan de achterzijde van het glas verspiegeld. Het licht dat via de spiegel het doek bereikt, moet dan zes grensoppervlakken tussen lucht en glas méér passeren dan bij gebruik van een inwendige spiegel. Daar bij ieder grensvlak een reflectieverlies van ca. 4% optreedt, is het

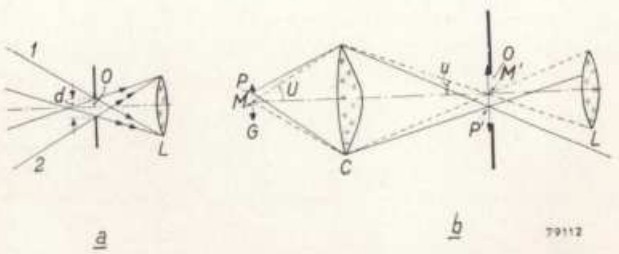


Fig. 3. *a*) Om de mogelijkheden van het objectief volledig te benutten, zou de verlichting van het filmvenster zo moeten zijn dat ook de stralenbundels die uitgaan van de hoekpunten van het venster het objectief geheel vullen. Is d de diagonaal van het venster, dan moeten dus de stralen *1* en *2* nog aanwezig zijn.
b) Beeldt men de lichtbron G met een condensor C af op het filmvenster O en ziet men uit het midden van O het objectief L en de condensor onder dezelfde hoek, dan vult de bundel die door dit midden M' (beeld van M) gaat, het objectief geheel. Een bundel die door een willekeurig ander punt P' (beeld van P) van het venster gaat, vult het objectief slechts gedeeltelijk.

[3]) Men zie bijv. G. Heller, Een installatie voor filmprojectie met watergekoelde kwiklampen, Philips techn. T. **4**, 2-9, 1939.

[4]) Voor bijzonderheden omtrent de constructie en de eigenschappen van gloeilampen voor filmprojectie zie men Th. J. J. A. Manders, Philips techn. T. **8**, 72-81, 1946.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

nuttig effect van de inwendige spiegel veel groter. Andere voordelen van de inwendige spiegel zijn dat hij in de fabriek is gejusteerd, weinig vervuilt en dat hij bij het in gebruik nemen van een nieuwe lamp automatisch wordt vernieuwd. Een bijkomend voordeel van de bolvorm van de lamp is de gunstige

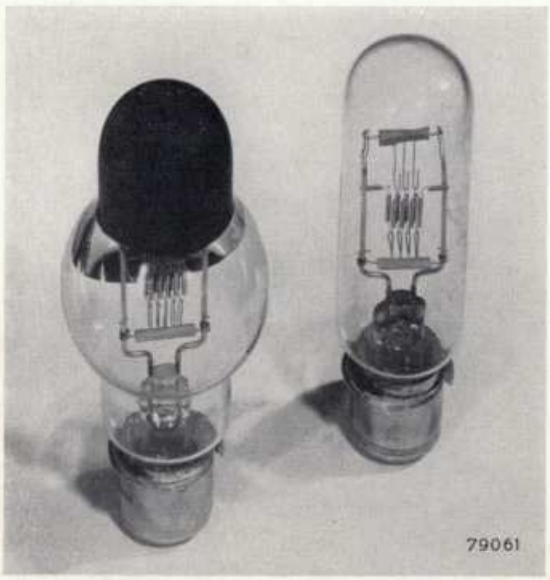


Fig. 4. De lamp van de 16 mm-projector EL 5000 (links) en een normale lamp voor 16 mm-projectors. Bij de eerstgenoemde lamp is het door de gloeidraden gevulde vlak rechthoekig (gelijkvormig met het filmvenster) en er is een spiegel aangebracht binnen in de ballon, die daartoe gedeeltelijk bolvormig is uitgeblazen. Het van de gloeispiralen verdampende materiaal zet zich grotendeels af in het cilindervormige bovenstuk. Dit gedeelte is zwart gemaakt om uitstraling van licht naar boven te voorkomen.

koeling. De lamp is nl. geplaatst in een verticaal lamphuis (dat bijv. in fig. 1 zichtbaar is), waardoor koellucht wordt geblazen. Ter plaatse van de warmtebron (het gloeilichaam) vernauwt de bol de doortocht voor de lucht; daar is dus de luchtsnelheid groot, waardoor er een goede warmteafvoer is.

Een bijzonderheid van de gebruikte gloeilamp is dat het gloeilichaam rechthoekig is (2×5 spiralen), in plaats van vierkant zoals bij de normale lampen (2×4 spiralen, zie fig. 4). Om de reden hiervoor te verklaren, maken we de voor de volgende kwalitatieve beschouwing geoorloofde onderstelling dat de condensor het gloeilichaam afbeeldt op het filmvenster (fig. 3*b*). (In werkelijkheid laat men de plaats van scherpe afbeelding steeds voorbij de film vallen, om te voorkomen dat de structuur van het gloeilichaam op het doek zichtbaar wordt.) Bij een vierkant filament zal een gedeelte van het licht naast het filmvenster vallen. Maken we nu, bij een zelfde totale oppervlakte (zelfde vermogen) het filament gelijkvormig met het filmvenster, dan kunnen we bij het afbeelden op het filmvenster een geringere vergroting toepassen, wat betekent dat de hoek u groter wordt. Dit is winst, want het betekent dat de randstralen het objectief beter vullen.

Het objectief

Bijna alle 16 mm-projectors bevatten een objectief met een relatieve opening (diameter van de lens gedeeld door de brandpuntafstand) van 1:1,6. Het objectief van de projector EL 5000 heeft daarentegen een relatieve opening van 1:1,3. De relatieve opening $1/m$ hangt met de eerder ingevoerde openingshoek α samen door de betrekking [5]): $1/m = 2 \sin \frac{1}{2}\alpha$. Een vergroting van $1/m$ van 1:1,6 tot 1:1,3 levert dus blijkens verg. (1), onder overigens even gunstige omstandigheden, een verbetering op van de lichtstroom met eenfactor $(1{,}6/1{,}3)^2 \approx 1{,}5$.

De brekende oppervlakken in het objectief zijn, zoals tegenwoordig gebruikelijk is, voorzien van reflectieverminderende lagen [6]).

Vlinderverliezen

Een van de belangrijkste oorzaken van lichtverlies is de vlinder. Deze bestaat uit een roterende schijf met twee bladen: het opzetblad en het flikkerblad. Het opzetblad onderschept de lichtstroom gedurende de opzettijd, d.i. de tijd gedurende welke de film wordt doorgetrokken om het volgende beeldje in het filmvenster te plaatsen. De rest van de tijd die per beeldje in totaal beschikbaar is, kan helaas niet geheel voor projecteren benut worden, daar, om flikkeren van het waargenomen beeld te voorkomen, de lichtstroom nogmaals onderschept moet worden (verdubbeling van de beeldfrequentie). Dit geschiedt door het flikkerblad [7]). De twee onderscheppingen moeten dezelfde tijdsduur hebben, dwz. men moet opzetblad en flikkerblad even breed maken, omdat men reeds bij een geringe ongelijkheid toch weer een hinderlijk flikkeren van het beeld waarneemt. Dit hangt daarmee samen dat bij ongelijke bladen de grondfrequentie van de belichting toch gelijk is aan de beeldfrequentie; alleen bij gelijke bladen is zij twee maal deze frequentie.

Een opzettijd die p % van de tijd per beeld in beslag neemt, gaat dus gepaard met een lichtverlies van $2p$ %. Het is derhalve van groot belang de opzettijd kort te houden.

Het verlies, veroorzaakt door de vlinder, wordt nog vergroot door de zg. schadelijke hoek (*fig. 5*). In theorie moet de onderschepping van de bundel volledig zijn op het ogenblik dat de beweging van de film begint, en mag het vrijgeven van de bundel pas

---

[5]) Men dient zich te realiseren dat de bekende paraxiale formules niet gelden, daar de hoeken die de lichtstralen maken met de optische as, niet klein zijn.

[6]) Het objectief wordt vervaardigd door de N. V. Optische Industrie „De Oude Delft" te Delft.

[7]) Men zie ook: J. Haantjes en F. W. de Vrijer, Het flikkeren van televisiebeelden, Philips techn. T. **13**, 7-12, 1951.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

beginnen als de film weer tot stilstand is gekomen. Het opzetblad, en dus ook het flikkerblad, moet derhalve een hoek β groter zijn dan de hoek γ die correspondeert met de opzettijd. Gelukkig blijkt in

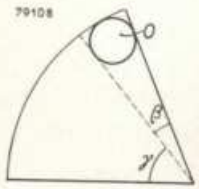


Fig. 5. De schadelijke hoek bij de vlinderbladen. Het opzetten van de film kan pas beginnen als de lichtbundel (doorsnede O) geheel is onderschept. Het blad moet dus een hoek β groter zijn dan de met de opzettijd corresponderende hoek γ.

de practijk de toestand iets gunstiger te zijn dan hierboven is beredeneerd. Daar de film bij het begin en het einde van de opzetperiode slechts een geringe snelheid heeft, kan men van de theoretische vlinderbreedte iets „stelen". Experimenteel bepaalt men, hoe smal de vlinderbladen kunnen zijn zonder dat het filmtransport op het doek merkbaar wordt. Gebruikt men als opzetmechanisme een vierdelig Maltezer kruis (zie hieronder) — wat bij 35 mm-film bijna altijd het geval is —, dan wordt de opzettijd door het mechanisme gegeven en bedraagt $p = 25\%$. Men kan nu ongeveer „stelen" wat men door de schadelijke hoek extra verliest, zodat het vlinderverlies hier ca. 50% bedraagt.

Zoals wij nog zullen zien, heeft het door ons gebruikte opzetmechanisme o.a. de aantrekkelijke eigenschap dat het de keuze van de opzettijd vrij laat. De opzettijd wordt alleen beperkt door de versnellingen die de film en het mechanisme kunnen verdragen. Wij hebben $p = 16^1/_2\ \%$ gekozen, wat correspondeert met 60° als theoretische waarde van de opzethoek γ. De schadelijke hoek β is echter zo klein gemaakt dat wij meer van de breedte der vlinderbladen konden „stelen" dan er door de schadelijke hoek extra bij kwam. Elk der vlinderbladen behoeft nu slechts 50° te omspannen, waardoor het vlinderverlies tot 28% is beperkt.

Om de schadelijke hoek β klein te houden, hebben wij ten eerste de vlinder daar geplaatst waar de bundeldoorsnede het geringste is, dat is vlak achter het venster, en ten tweede hebben wij de afstand van de optische as tot de as van de vlinder groot gekozen. Door laatstgenoemde maatregel is de vlinder, en daarmee zijn massatraagheidsmoment, zo groot geworden dat hij tegelijkertijd de functie kan vervullen van het vliegwiel, dat toch altijd nodig is om een gelijkmatige gang van de centrale aandrijvingsas (hoofdas) te verzekeren. Bovendien is van deze grote vlinder, door het aanbrengen van schoepen (*fig. 6*), een ventilator gemaakt, die, ondanks het vrij lage toerental (1440 omw/min), ruim voldoende koellucht aanvoert voor de koeling van de projectorlamp, het filmmasker (begrenzing van het filmvenster) en van de film zelf. Op de veel gebruikte kleine ventilator, die door een afzonderlijk collectormotortje met 5000 à 6000 omw/min wordt aangedreven, heeft de gekozen oplossing, behalve het vervallen van deze extra-motor, nog de geruisloze werking voor (geen neiging tot gieren).

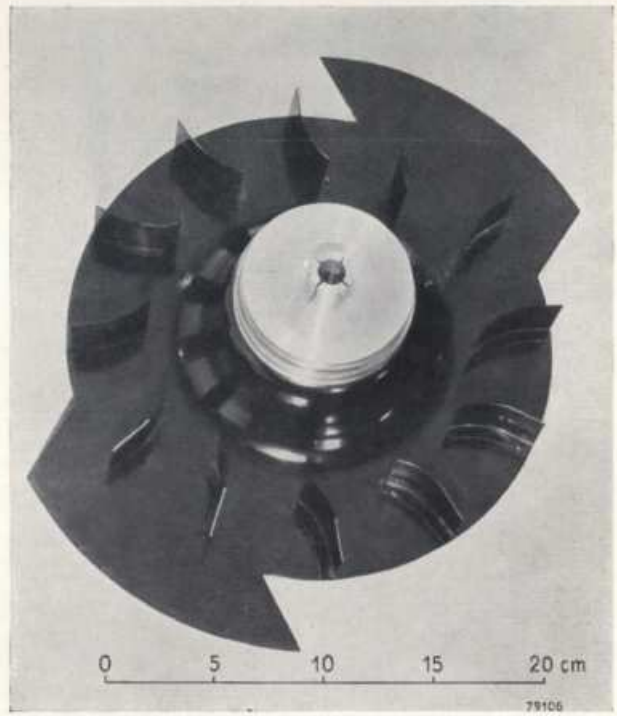


Fig. 6. De tweebladige schijfvlinder. Opzetblad en flikkerblad omvatten elk 50°. Door de eigenaardige vorm van de bladen heeft de lichtafsnijding plaats evenwijdig aan de lange zijde van het filmvenster, waardoor deze afsnijding iets sneller geschiedt dan bij radiaal afgesneden bladen het geval zou zijn. Men lette op de grote diameter en op de schoepen: de vlinder werkt tevens als vliegwiel en als ventilator.

Het opzetmechanisme

Principe

Het opzetmechanisme, waarmee de reeds vermelde zeer korte opzettijd kan worden verwezenlijkt, wijkt aanzienlijk af van de in filmprojectoren gebruikelijke uitvoeringen (Maltezer kruis en grijpmechanisme), van welke de principes door *fig. 7* en het bijbehorende onderschrift in herinnering worden gebracht. Het principe dat in de hier besproken projector wordt toegepast, zullen wij verklaren aan de hand van de foto's en de tekening in *fig. 8*.

Het opzetsprocket, dat tot taak heeft de film intermitterend voort te bewegen, is gemonteerd op het ene uiteinde van een as die aan het andere uiteinde een schijf met regelmatig over de omtrek

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

verdeelde, uitstekende pennen draagt. De pennen passen in de groeven van een op de hoofdas gemonteerde groefschijf, die eenparig wordt rondgedraaid met een aantal toeren per sec dat gelijk is aan het aantal beeldjes per sec. In fig. 8 zijn de groeven getekend, afgewikkeld in een plat vlak. De opzettijd correspondeert klaarblijkelijk met de hoek δ waarover de groeven de pennen één plaats doen opschuiven. Daarbij wordt het opzetsprocket gedraaid en de film over de afstand van één beeldje getransporteerd.

De optredende versnellingen, die ons beletten δ willekeurig klein (en dus de opzettijd willekeurig kort) te kiezen, worden verder bepaald door het verloop der groeven over de opzethoek δ. Door een juiste keuze van dit verloop is bereikt dat bij een opzethoek δ van slechts 60° de belasting van film en mechanisme binnen veilige grenzen blijft. Hierdoor kon, op de in de vorige paragraaf besproken wijze, het lichtverlies door de vlinder worden beperkt tot 28%.

Een ander belangrijk voordeel van het mechanisme is dat men het aantal tanden van het opzetsprocket vrij kan kiezen. Stellen we het aantal uitstekende pennen gelijk n, dan wordt per omwenteling van de groefschijf het opzetsprocket gedraaid over een hoek $360°/n$. Deze hoek moet aan de omtrek van dit sprocket corresponderen met de beeldsteek (filmlengte per beeld), zodat de omtrek van het sprocket n maal deze beeldsteek moet bedragen. Daar er bij 16 mm-film één perforatie per beeldje voorkomt, krijgt het sprocket dus ook n tanden. Hier is $n = 12$ gekozen. Van de 12 tanden zijn er steeds ca. 6 met de filmperforaties in ingrijping. Dank zij dit grote aantal is de slijtage, zowel van de sprockettanden als van de filmperforaties, gering en het filmtransport betrouwbaar. Het is dan ook gebleken dat films die door een grijper niet meer werden getransporteerd daar de perforaties te veel beschadigd waren, met het beschreven mechanisme zonder hapering konden worden vertoond.

Verdeelfouten

Mechanismes met groefschijven, waarvan het principe hierboven is beschreven, worden veelvuldig toegepast bij automatische werktuigen (bijv. bij

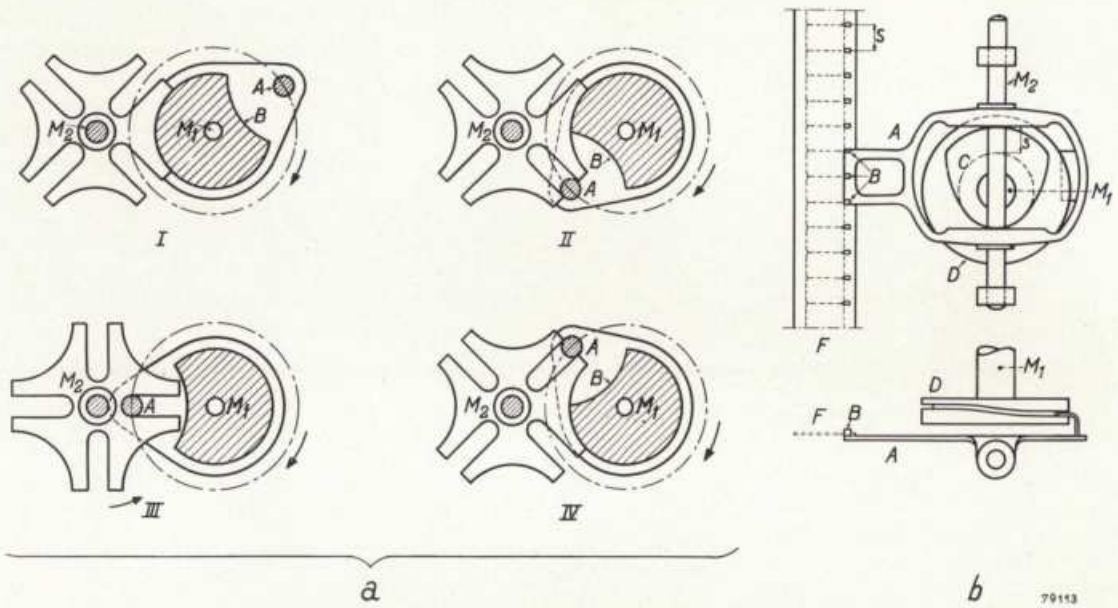


Fig. 7. Principes van het Maltezer kruis en van het grijpmechanisme voor intermitterend filmtransport.
a) Het Maltezer kruis in vier opeenvolgende standen. De as M_1 roteert eenparig en draagt aan haar uiteinde een schijf waarop zich de opzetpen A en de zg. arretschijf B bevinden. Op de as M_2 zijn het kruis (hier vierdelig getekend) en het in de filmperforaties grijpende opzetsprocket (niet getekend) bevestigd. In stand I staat het kruis stil; in stand II grijpt de opzetpen in het kruis en begint dit laatste te draaien; in stand III is het kruis 45° gedraaid en in stand IV heeft het zijn rotatie over 90° volbracht en staat het weer stil.
b) Het grijpmechanisme. De grijper A heeft enige tandjes B (hier drie stuks), die passen in de perforaties van de film F. Door middel van een roterende nok C laat men de grijper op en neer bewegen met een slag s gelijk aan de beeldsteek. C is met de groefschijf D bevestigd op dezelfde as M_1. De groefschijf draait de grijper een weinig heen en weer om de as M_2, zodanig dat bij de neerwaartse slag de grijpertanden de film meenemen, terwijl zij bij de opwaartse slag de film laten staan.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

flessenvulmachines). Ook filmapparatuur heeft men er reeds mee uitgerust. De bijzonderheid van ons opzetmechanisme is de constructieve uitvoering. Deze wordt in ons geval beheerst door de eis dat het gehele mechanisme met uitzonderlijke nauwkeurigheid moet zijn uitgevoerd om op het doek een stilstaand beeld te krijgen. In tegenstelling tot het grijpmechanisme, dat na het transport van één beeldje weer in dezelfde stand terugkomt, is dit bij ons mechanisme nl. pas na twaalf beeldjes weer het geval. Door de onvermijdelijke verdeelfouten bij de pennen op de pennenschijf en bij de tanden van het opzetsprocket, en tevens door de evenzeer onvermijdelijke excentriciteit van dit sprocket, komen de tussenliggende beeldjes niet alle exact op dezelfde plaats en krijgt men een regelmatig dansend beeld. Juist door de regelmaat valt reeds een gering dansen snel op. Ziet men het eenmaal, dan blijft men het zien, wat uitermate hinderlijk is. Om geen last van dit euvel te ondervinden, is het noodzakelijk de genoemde fouten uiterst gering te houden. Het is bekend dat bij 35 mm-film, bij gebruik van een Maltezer kruis, reeds het bekende dansen van het beeld met een frequentie van zes maal per sec (24 beeldjes per sec en een vierdelig kruis) optreedt als het opzetsprocket meer dan $^1/_{100}$ mm slingert. Bij 16 mm-film, waar het beeld veel sterker vergroot wordt, is de tolerantie nog ongeveer 2,5 maal zo klein, dus ongeveer 4 μ. Deze kleine tolerantie kan bij de productie van het opzetsprocket van onze 16 mm-projector worden gehandhaafd. De tanden van het opzetsprocket kunnen met de gebruikelijke werkmethodes eveneens met voldoende nauwkeurigheid worden aangebracht, maar voor de verdeling van de pennen op de schijf C bleken de verdeelmachines te kort te schieten. Bij de oplossing die wij hier hebben gekozen, komt bij de montage van de pennen de juiste verdeling automatisch tot stand,

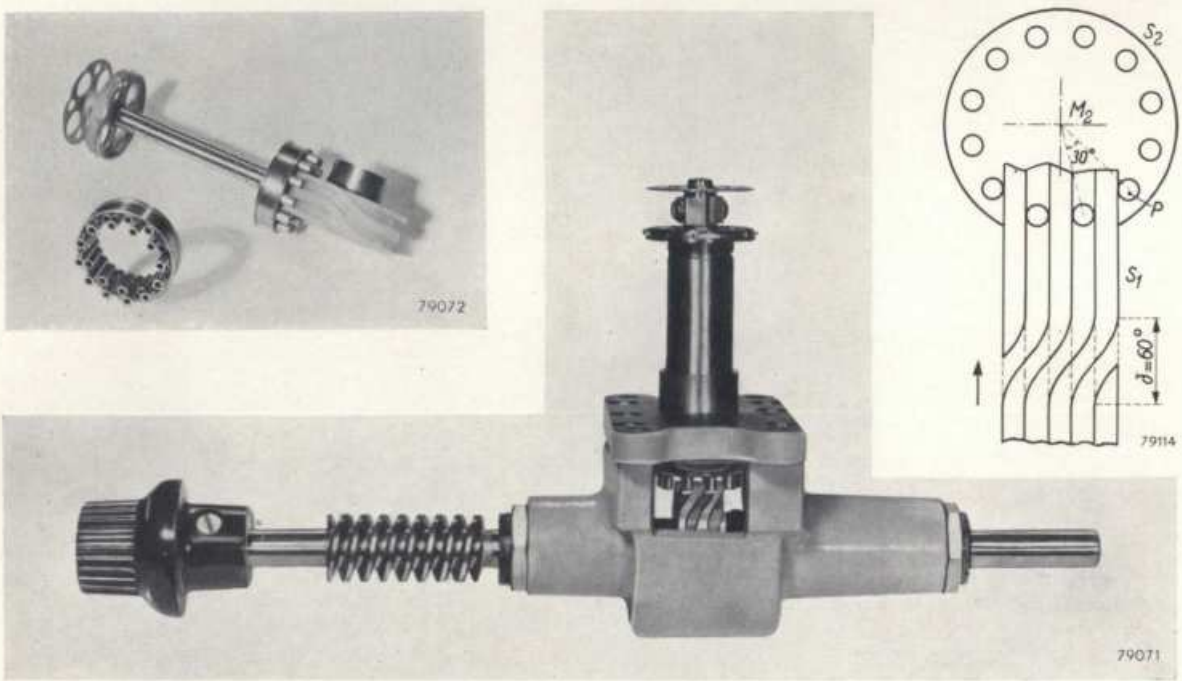


Fig. 8. Het opzetmechanisme van de EL 5000. Links boven ziet men de voornaamste onderdelen, nl. een as die aan haar ene uiteinde het opzetsprocket draagt en aan haar andere uiteinde een schijf waaromheen uitstekende pennen zijn geklemd, die passen in een groefschijf. Om duidelijk te laten zien hoe de uitstekende pennen door kortere, niet uitstekende, pennen op de juiste onderlinge afstand worden gehouden, is een klemband met pennen nog eens afzonderlijk meegefotografeerd. De werking blijkt uit de schets rechts boven. De groefschijf is afgewikkeld getekend (S_1). S_2 is de schijf op de sprocketas M_2 met de twaalf uitstekende pennen P, die per omwenteling van S_1 één plaats opschuiven. De onderste figuur toont het opzetmechanisme gemonteerd. De pennenschijf en de op de hoofdas gemonteerde groefschijf zijn ondergebracht in een gesloten huis (hier opengefreesd om het inwendige te tonen), dat gedeeltelijk met olie wordt gevuld. Op de hoofdas wordt rechts de vlinder gemonteerd met een dubbele riemschijf (fig. 6), zodat deze as met twee snelheden eenparig kan worden aangedreven. De worm dient voor de aandrijving van het voor- en van het nawikkelsprocket (zie ook fig. 9 en 12a). Links de tornknop, waarmee men met de hand de film kan voortbewegen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

mits alle onderdelen met voldoende nauwkeurigheid zijn voorbewerkt. Men ziet in fig. 8 dat de pennenschijf bestaat uit een platte cilinder, waaromheen, aanliggend tegen de cilinderwand en tegen elkaar, 24 pennen zijn geplaatst, die beurtelings kort en lang zijn. De pennen zijn hol ter besparing van massa (traagheidskrachten), en zij worden op hun plaats gehouden door een klemband. De pointe van de constructie is nu dat de in principe steeds nog aanwezige zeer geringe afwijking van de exact juiste diameters, door een zich regelmatig over de pennen verdelende vervorming wordt opgevangen. De vrij uitstekende gedeelten van de lange pennen ondergaan daarbij geen merkbare vormverandering. Bij nameten is gebleken dat de plaatsing der pennen op deze wijze op 1 à 2 μ nauwkeurig is.

Een bijzonderheid is nog het materiaal van de groefschijf. Deze wordt vervaardigd van nylon, dat zeer slijtvast is en bovendien zo elastisch dat de groeven ca. 10 μ smaller kunnen zijn dan de diameters van de pennen. Speling van de pennen in de gleuven wordt op deze wijze geheel vermeden.

De groefschijf en de schijf met de pennen zijn voor de smering in een oliebad ondergebracht (fig. 8).

De vlinder is rechtstreeks gemonteerd op de hoofdas. Dit is mogelijk, doordat, bij onze constructie, deze as loodrecht staat op de as van het opzetsprocket. De worm op de hoofdas drijft enerzijds rechtstreeks het nawikkelsprocket aan, anderzijds via een groot tussenwiel het voorwikkelsprocket (*fig. 9*). Deze sprockets draaien met constante snelheid en zorgen resp. voor de regelmatige toe- en afvoer van de film. (Voor een algemeen overzicht van de filmloop zie men fig. 12*a*.) Het opzetmechanisme kan met twee snelheden worden aangedreven door middel van een dubbele riemschijf (18 beelden per sec voor stomme en 24 beelden per sec voor geluidsfilm).

Als slot van de beschrijving van het opzetmechanisme vatten wij de eigenschappen samen die dit mechanisme voor zijn taak zo bijzonder geschikt maken: onafhankelijke keuze van de opzettijd (die zeer kort wordt), van het verloop der versnellingen en van het aantal tanden van het opzetsprocket; een robuuste, eenvoudige en nauwkeurige constructie en een goede smering.

Vergelijking met grijpmechanisme en Maltezer kruis

Ter completering van de gegeven voorstelling van zaken willen wij nog enkele opmerkingen maken over het grijpmechanisme en het Maltezer kruis (fig. 7). Over het grijpmechanisme kunnen wij kort zijn. Weliswaar is het in principe zeer

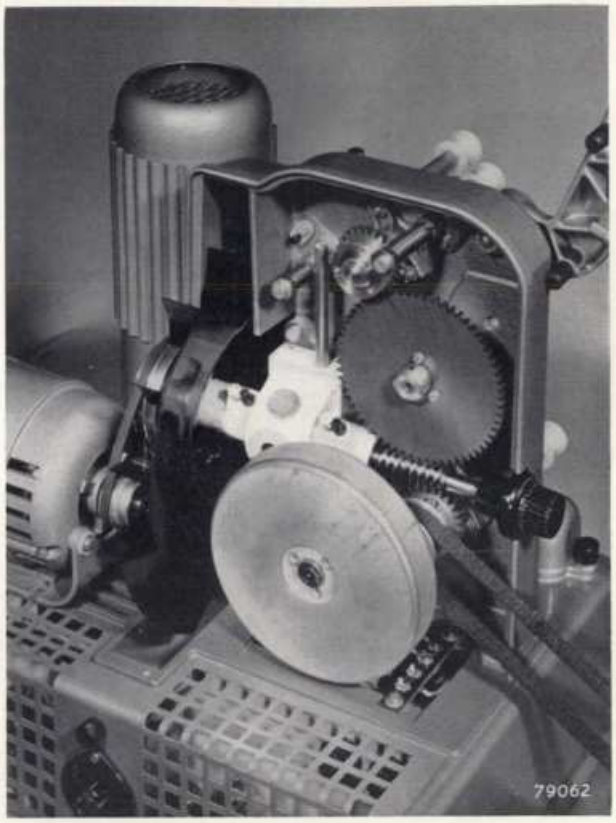


Fig. 9. De aandrijving van de projector EL 5000. Men ziet hoe de hoofdas, die door de motor wordt aangedreven, door het huis van het opzetmechanisme loopt en met de worm naar boven, via een groot tussenwiel, het voorwikkelsprocket aandrijft en naar beneden rechtstreeks het nawikkelsprocket (zie ook fig. 12*a*). Vooraan is het vliegwiel zichtbaar dat op de as van de geluidstrommel is bevestigd.

nauwkeurig (zie onder *Verdeelfouten*), reden waarom dan ook practisch alle filmopneemcamera's met een grijper worden uitgerust, maar voor een professionele projector is het in de thans gebruikelijke uitvoeringen ongeschikt. Het aantal tanden is altijd klein, nl. meestal drie. Deze moeten alle tandslijtage opnemen, zodat uit dit oogpunt de levensduur van ons mechanisme (12 tanden) reeds vier maal zo lang is. Er zijn drie tanden tegelijk met de film in ingrijping tegenover zes bij ons. De filmperforaties worden daardoor vrij snel beschadigd en een eenmaal beschadigde film wordt slecht getransporteerd. Om de snelle heen- en weergaande beweging mogelijk te maken, moet de grijper licht zijn en is een robuuste constructie onmogelijk. Ten slotte is het smeringsprobleem moeilijk op te lossen.

Het Maltezer kruis kan door het toepassen van kunstgrepen wel voor 16 mm-film geschikt worden gemaakt, maar verliest daardoor veel van zijn aantrekkelijke eenvoud. Om te verklaren waarom het in zijn normale vorm voor 16 mm-film nooit wordt gebruikt, zullen wij het kruis iets meer in detail beschouwen.

Het principe is verklaard in fig. 7*a*, waar het vierdelig is ondersteld. Een voorwaarde waaraan een kruismechanisme steeds moet voldoen om een soepele werking mogelijk te maken, is dat de bewegingsrichting van de opzetpen, op het ogenblik dat zij een sleuf van het kruis binnentreedt, samenvalt met de hartlijn van die (op dat ogenblik nog stilstaande) sleuf. Hetzelfde moet het geval zijn als de pen het kruis weer verlaat.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

In *fig. 10* beschrijft de pen een cirkel om M_1. M_2 is de kruisas, A_1 de positie van de pen bij het binnentreden in het kruis en A_2 de positie van deze pen bij uittreden. In de vierhoek $M_1A_1M_2A_2$ moeten dus de hoeken α_1 en α_2 recht zijn, waaruit volgt dat $\beta_1+\beta_2=180°$. Bij een m-delig kruis is $\beta_2=360°/m$. De tijd waarin de pen door het kruis gaat, d.i. de opzettijd, is evenredig met β_1. Om een korte opzettijd te krijgen,

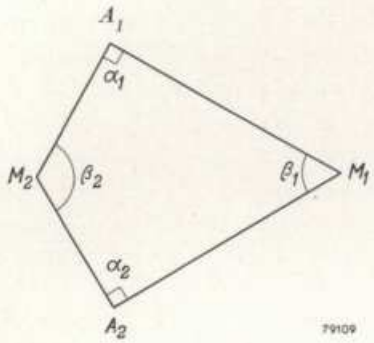


Fig. 10. Ter afleiding van de opzettijd bij een m-delig Maltezer kruis. De opzetpen draait eenparig om M_1. Het draaipunt van het kruis is M_2. De punten A_1 en A_2 geven resp. de posities van de opzetpen bij intreden en verlaten van het kruis, zodat $\beta_2=360°/m$. Daar voor een soepele werking $\alpha_1=\alpha_2=90°$ moet zijn, is β_1 (en dus de opzettijd) groter naarmate m groter is.

moet β_1 klein en β_2 dus groot zijn. Het driedelige kruis levert de kleinste waarde van β_1, nl. 60°, en dit kruis levert dus een opzettijd die even kort is als bij het door ons gebruikte mechanisme is gekozen. Het verloop van de versnellingen heeft men bij het kruis echter niet in de hand, en dit verloop blijkt zo ongunstig te zijn dat de optredende krachten spoedige beschadiging van de film en van het mechanisme tot gevolg hebben. Daarom moet het kruis op zijn minst vierdelig zijn, waarbij de opzettijd 25 % van de per beeld beschikbare tijd is, en de vlinder dus een lichtverlies van ca. 50 % veroorzaakt. Bij een vierdelig kruis moet een rechtstreeks op de kruisas gemonteerd opzetsprocket een omtrek van viermaal de beeldhoogte hebben. Bij 16 mm-film wordt het sprocket dan zo klein dat de film zeer sterk gebogen wordt, wat losgaan van eventuele lassen kan veroorzaken. Nog ernstiger is het bezwaar dat het sprocket slechts vier tanden kan hebben (1 perforatie per beeldje bij 16 mm-film), waarvan er slechts twee gelijktijdig in de film grijpen, met als gevolg spoedige beschadiging van de filmperforaties en snelle slijtage van de tanden.

Om het aantal tanden van het opzetsprocket vrij te kunnen kiezen, monteert men het sprocket wel op een afzonderlijke as, die via een vertraging door de kruisas wordt aangedreven. Afgezien van de extra-as, krijgt men nu een extra-tandwieloverbrenging, die, gezien de invloed der verdeelfouten, met bijzondere precisie zou moeten worden vervaardigd. De opzettijd kan men verkorten door de kruispen met pulserende snelheid te laten draaien, nl. zodanig dat de pen met grote snelheid door het kruis gaat, maar langzaam loopt als hij vrij is van het kruis. De practische uitvoering hiervan maakt nog één of twee extra-assen noodzakelijk. Een Maltezer kruis met ongeveer dezelfde eigenschappen als ons mechanisme met groefschijf, wordt dus wel zeer gecompliceerd.

Bijzonderheden van de filmloop

Automatische regeling van de filmtrek

Het nawikkelsprocket voert de film met constante snelheid toe aan de opwikkelspoel. Deze spoel wordt, zoals gebruikelijk is, slippend aangedreven, om mogelijk te maken dat de omwentelingssnelheid zich aanpast bij de geleidelijk toenemende diameter van de filmrol. Het is gewenst dat de trekkracht in de film tussen het nawikkelsprocket en de opwikkelspoel een nagenoeg constante waarde heeft, die in de buurt van 160 gram moet liggen. Dan wordt de film nl. juist voldoende vast opgewikkeld. Daar de trekkracht gelijk is aan het aandrijvende frictiekoppel gedeeld door de straal van de filmrol, zal de trekkracht constant zijn als het frictiekoppel recht evenredig is met deze straal. Deze evenredigheid is door een zeer eenvoudige constructie verwezenlijkt. De as waarop de opwikkelspoel wordt geschoven, is gelegerd in het ene uiteinde van een arm die met zijn andere uiteinde scharnierend aan het frame van de projector is bevestigd (*fig. 11*). Het eerstgenoemde uiteinde wordt opgehouden doordat de spoelas met het daarop bevestigde riemschijfje hangt in de gevlochten katoenen band zonder eind die de opwikkelspoel, meer of minder

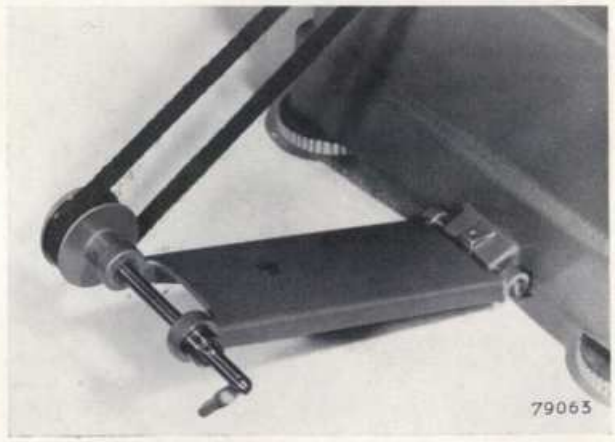


Fig. 11. De aandrijving van de as voor de opwikkelspoel van de projector. De spoelarm is met zijn ene uiteinde scharnierend aan de projector bevestigd en hangt met zijn andere uiteinde, met de as waarop de spoel wordt bevestigd, in de katoenen gevlochten band die de spoel slippend aandrijft. De omwentelingssnelheid van de spoel kan zich zo aanpassen bij de diameter van de filmrol. De filmtrek blijft hierbij nagenoeg constant op ca. 160 gram.

slippend, aandrijft. De wrijving tussen band en riemschijf, en dus ook het aandrijvende koppel, neemt toe met het gewicht van de filmrol. Door een juiste keuze van de diameter van het riemschijfje en van de hoeken die de aandrijfband en de spoelarm maken

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

met de verticaal, kan men bereiken dat het aandrijvende koppel evenredig wordt met de straal van de filmrol, en tegelijkertijd dat de evenredigheidsconstante (dwz. de filmtrek) de verlangde waarde krijgt. Bij het uitgevoerde toestel varieert de filmtrek van lege tot volle spoel (600 m film) slechts van een beginwaarde van 170 gram tot een eindwaarde van 150 gram. De regelbare wrijvingskoppeling, die men in de meeste projectors aantreft, is bij dit systeem vervallen en daarmee de mogelijkheid om verkeerd in te stellen. Bij smalfilm is dit een nog belangrijker voordeel dan bij 35 mm-film. Smalfilm is nl. door haar afmetingen en doordat zij van het zwakkere brandvrije materiaal is vervaardigd, veel teerder dan 35 mm-film, en bovendien is de kans vrij groot dat de projector door niet of weinig geschoold personeel wordt bediend.

Bij de afwikkelspoel kon het probleem van de filmtrek op een analoge manier worden opgelost. De wrijvingskrachten die optreden in het leger van de as van deze spoel, leveren nl. een koppel dat afneemt indien het gewicht, en dus de straal van de filmrol, kleiner wordt, waardoor de filmtrek ongeveer constant blijft. Door een geschikte keuze van de diameter van dit leger wordt aan het wrijvingskoppel een zodanige waarde gegeven dat de filmtrek de gewenste grootte krijgt.

Het inleggen van de film

Eveneens met het oog op de bediening door ongeschoold personeel is het inleggen van de film zo eenvoudig mogelijk gemaakt. Door het omleggen van een kruk wordt de weg van de film geheel vrij gemaakt (zie *fig. 12*). Bovendien komen de ruiters (rollen die de film om de sprockets leiden) daarbij in een zodanige positie dat de film strak ingelegd kan worden. Is dit gedaan, dan is, na terugdraaien van de kruk, de projector gereed om te werken. Automatisch zijn nu vóór het filmvenster en voorbij het opzetsprocket lussen van de juiste lengte gevormd om de intermitterende beweging langs het filmvenster mogelijk te maken. Vooral voor de onderlus (voorbij het opzetsprocket) is het belangrijk dat zodoende precies de juiste luslengte verkregen wordt, daar deze de afstand bepaalt tussen het beeldje dat zich op zeker tijdstip in het filmvenster bevindt en het deel van het geluidsspoor dat op dat tijdstip wordt afgetast. Deze afstand moet bij 16 mm-film steeds 26 beeldjes bedragen, omdat dit de standaard-afstand is tussen een beeldje en het bijbehorende geluid. Een goede instelling van de grootte van de onderlus is juist bij 16 mm-film zo belangrijk, omdat er hier 2,5 maal zoveel beeldjes per lengte-eenheid zijn als bij 35 mm-film en een fout van enige cm in de onderlus dus ook veel meer asynchronisme tussen beeld en geluid veroorzaakt dan een zelfde fout bij 35 mm-film.

De filmbaan

De film wordt ter plaatse van het filmvenster gefixeerd doordat zij daar wordt geklemd tussen twee rechte geleidingen die zich resp. voor en achter de film bevinden. Een van deze geleidingen wordt door een veer aangedrukt. Men noemt deze geleiding de verende en de andere de vaste filmbaan (fig. 12*b*). De veerdruk kan door de gebruiker worden ingesteld. Vooral bij nieuwe films zet zich op de filmbaan nl. meestal snel vuil af, waardoor de veerdruk oploopt en er gevaar ontstaat dat de film breekt. Men kan nu, terwijl de film loopt, de veerdruk verminderen en behoeft het programma niet te onderbreken om het vuil te verwijderen.

De vaste filmbaan is aan de objectiefhouder bevestigd, in tegenstelling tot wat bij 35 mm-projectors gebruikelijk is. Ook als men na het inleggen van de film de kruk *X* niet geheel zou doordraaien, waardoor het objectief niet geheel op de juiste plaats zou staan (fig. 12*b*), blijft nu de film goed gefocusseerd.

Het cadreringssysteem

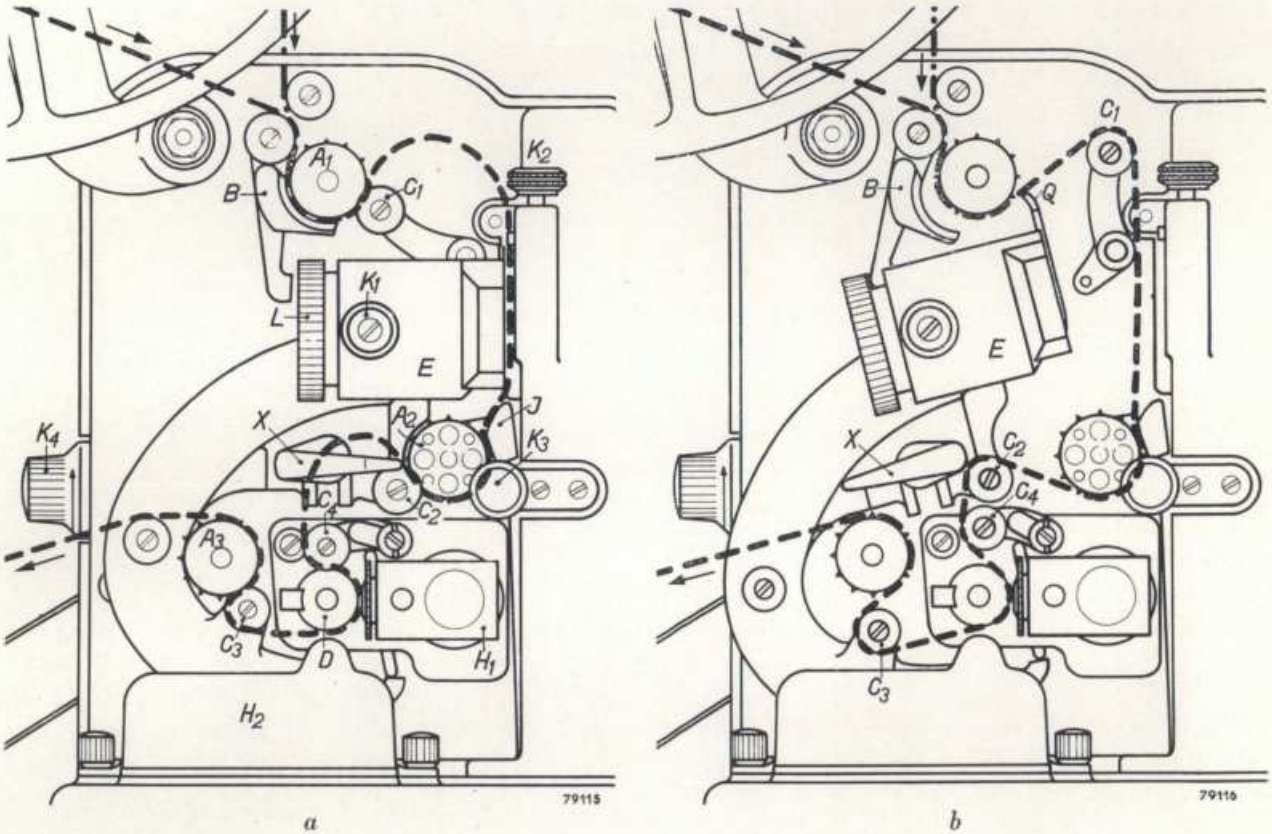
Men moet steeds de mogelijkheid hebben de filmbeeldjes exact voor het filmvenster te plaatsen (cadreren), wat bijv. bereikt kan worden door de lengte van de filmweg tussen filmvenster en opzetsprocket instelbaar te maken. Cadreren is nodig om te corrigeren voor de krimp van de film (nieuwe film is langer dan oude) en voor een eventuele te hoge of te lage plaatsing van de filmbeeldjes ten opzichte van de filmperforaties, een afwijking die bijv. bij het maken van copieën van de oorspronkelijke film kan ontstaan. Wij hebben de lengte van de filmweg regelbaar gemaakt door de film tussen filmvenster en opzetsprocket te laten lopen over een verstelbaar schoentje (*I* in fig. 12*a*). Schuift men het schoentje naar links, dan wordt de filmweg langer. Bij deze methode blijft het beeld op het doek gecentreerd, wat bijv. niet het geval is als men, zoals vaak wordt gedaan, het filmvenster, of nauwkeuriger: het daarin geplaatste filmmasker, verstelbaar maakt. Men moet dan na het cadreren de hoogte van de projector opnieuw instellen, wat voor een professioneel apparaat onaanvaardbaar is. De gekozen eenvoudige oplossing was mogelijk doordat bij 16 mm-film de vereiste cadreringsslag slechts ca. 1 mm bedraagt. Bij 35 mm-film is veel meer nodig. Daar is nl. de perforatiesteek $^1/_4$ van de beeldsteek, en het is dus mogelijk dat door een verkeerde las de film plotseling over $^1/_4$, $^1/_2$ of $^3/_4$ van

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

de beeldhoogte verspringt, wat door het cadreringssysteem gecorrigeerd moet kunnen worden. Bij 16 mm-film, waar de perforatiesteek gelijk is aan de beeldsteek, kunnen dergelijke verschuivingen van het beeld niet voorkomen.

die worden veroorzaakt door de intermitterende werking van het opzetsprocket, en ook doordat het nawikkelsprocket met zijn tanden de film enigszins schokkend door de geluidsaftastinrichting trekt. Er moet voor worden gezorgd dat deze trillingen de



a b

Fig. 12. *a*) Overzicht van de filmloop. Het voorwikkelsprocket A_1 trekt de film van de afwikkelspoel (hier kan de film de gestreepte of de gestreepstippelde weg volgen, al naar zij is opgewikkeld). Het leischoentje B en de ruiterrol C_1 voorkomen dat de sprockettanden uit de filmperforaties schieten. Het opzetsprocket A_2, met de ruiterrol C_2 trekt de film intermitterend tussen de vaste en de verende filmbaan door langs het filmvenster. De vaste filmbaan Q is zichtbaar in (*b*). Via de verende aandrukrol C_4 wordt de film om de geluidstrommel D geleid en door het nawikkelsprocket A_3 met ruiterrol C_3 afgevoerd naar de opwikkelspoel. E is de objectiefhouder met het objectief L en de borgschroef K_1. K_2 is de knop voor de regeling van de veerdruk op de filmbaan, I het cadreerschoentje met stelknop K_3. H_1 een beschermkap over het lampje en de optiek van de verlichting voor de geluidsaftastinrichting, H_2 een beschermkap over de fotocel, K_4 de tornknop, X de kruk voor het inleggen van de film.
b) De situatie bij het inleggen van de film. Door het draaien van de kruk X is de objectiefhouder E met de daaraan bevestigde vaste filmbaan Q weggedraaid. Tegelijkertijd zijn het schoentje B bij het voorwikkelsprocket en de aandrukrol C_4 bij de geluidstrommel opgelicht, terwijl de ruiterrollen C_1, C_2 en C_3 eveneens zijn opgelicht en in een zodanige positie gedraaid dat de film op de aangegeven wijze strak kan worden ingelegd. Draait men nu de kruk X weer terug, dan worden de juiste lussen gevormd vóór de filmbaan en voorbij het opzetsprocket (zie *a*). De synchronisatie van beeld en geluid wordt aldus automatisch bewerkstelligd.

De filmweg bij de geluidsaftastinrichting

Van het begin van de ontwikkeling der geluidsfilm af is het een probleem geweest, hoe de film ter plaatse van de geluidsaftasting een gelijkmatige snelheid te geven. In de film treden trillingen op, plaats waar het geluidsspoor wordt afgetast, niet bereiken. Men heeft hiertoe de zg. draaiende geluidsbaan ingevoerd. Deze bestaat eenvoudig uit een trommel, die dank zij een aangekoppeld vliegwiel zeer gelijkmatig roteert en waarover de film ter

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

plaatse van de geluidsaftasting loopt [8]). De bochten in de film tussen de verschillende rollen werken als een veer, die met de massa van vliegwiel en geluidstrommel een mechanisch filter vormt, dat de trillingen in de film niet doorlaat. Het filter werkt beter naarmate het massatraagheidsmoment van het vliegwiel groter en de veer slapper is.

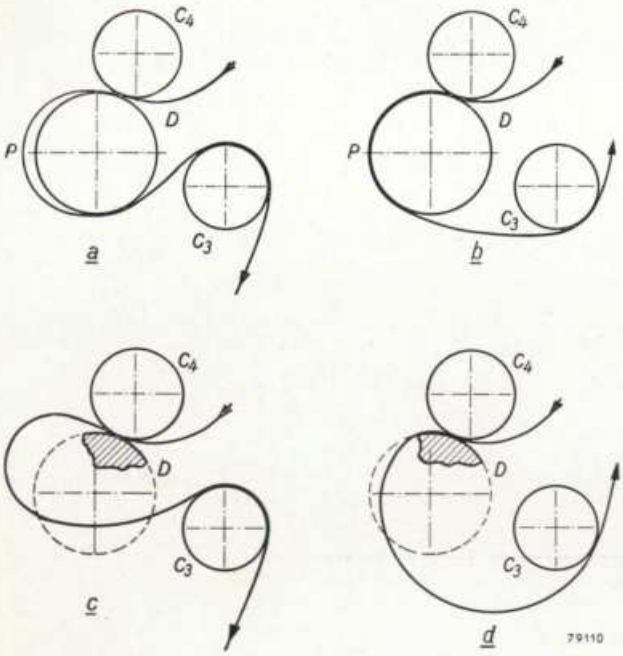


Fig. 13. De filmweg bij de geluidsaftastinrichting. D geluidstrommel, C_4 aandrukrol, C_3 leirol, P punt waar de geluidsaftasting plaats heeft.
a) Legt men de film om de geluidsrol en de leirol in een S-bocht, dan gaat bij geringe filmtrek de film bij P van de geluidstrommel af staan (ademen).
b) Legt men de film in een U-bocht, dan ligt ook bij geringe filmtrek de film bij P tegen de geluidstrommel aan.
c) De vorm die de stilstaande film in geval (*a*) zou aannemen als men de geluidstrommel op het gearceerde gedeelte na zou verwijderen.
d) Hetzelfde voor geval (*b*).

Een slappe veer krijgt men als de film in ruime bochten staat, dus als de filmtrek gering is. Tussen geluidstrommel en nawikkelsprocket kan men de filmtrek gering maken door de geluidstrommel en de daarbij behorende aandrukrol zeer licht te laten lopen, in kogellegers waarin het vet is vervangen door dunne olie.

Het is begrijpelijk dat men, om de film goed om de geluidstrommel te laten aansluiten, de film veelal in een S-bocht legt (*fig. 13a*). Het blijkt echter dat dan, bij de gewenste geringe filmtrek, de film ter plaatse van de geluidsaftasting loslaat van de trommel en daar nauwelijks zichtbare trillingen in radiale richting gaat uitvoeren (het zg. ademen van de film). De film is dan niet voortdurend goed gefocusseerd ten opzichte van de optiek van de geluidsaftasting, en er treedt een merkbare vervorming van het geluid op. De film ligt daarentegen, verrassend genoeg, goed aan indien men haar in plaats van een S-bocht, een U-bocht laat maken, door de film langs de andere zijde van de leirol te leiden (fig. 13*b*). Men kan dit gedrag van de film enigszins begrijpen indien men zich voorstelt welke vorm de stilstaande film zou aannemen als men de geluidstrommel zou wegnemen op een klein gedeelte bij de aandrukrol na (fig. 13*c* en *d*).

[8]) Zie: J. J. C. Hardenberg, Over het transport van geluidsfilm in opname- en weergavemachines, Philips techn. T. 5, 79-86, 1940.

De geluidsinstallatie

Details van de geluidsaftasting

De lichtbron voor de geluidsaftasting is een verlichte spleet. Deze kan met een cilinderlens scherp worden afgebeeld op het geluidsspoor van de film door te draaien aan de grote kartelring, die zichtbaar is in *fig. 14*. Bovendien kan men de spleet loodrecht op het geluidsspoor instellen (instelling van het azimuth). De twee instellingen kunnen worden verricht zonder dat zij elkaar beïnvloeden.

Fig. 14. De geluidsaftastinrichting van de projector EL 5000. T is de lichtbron. Met de kartelring R_1 kan men het spleetbeeld op de film focusseren en met de schroef R_2 kan men het spleetbeeld loodrecht op het geluidsspoor stellen (instelling van het azimuth). In de geluidstrommel D ziet men nog iets van de plat-bolle lens L_2 die het licht op de fotocel W werpt. Het is hier duidelijk zichtbaar dat de leirollen niet van staal zijn vervaardigd. Het gebruikte materiaal is nylon.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Het aftastlampje wordt door een afzonderlijke oscillator gevoed met een stroom van hoge frequentie (90 kHz), zodat deze voeding geen hoorbare toon produceert. Daar het vermogen toch via een uitgangstransformator van de oscillator moet worden afgenomen, hadden wij, bij een beschikbaar vermogen van maximaal 10 watt, nog de vrije keuze van stroom en spanning voor het aftastlampje. We hebben de spanning laag en de stroom groot genomen, nl. 2,5 volt en 3 ampère, d.i. aanzienlijk afwijkend van de normaal gebruikelijke waarden. De gloeidraad is daardoor een stugge, korte spiraal van dik draad, die geen microfonisch effect vertoont.

Het dient nog vermeld te worden dat men bij een eventuele storing in de oscillator kan overschakelen op voeding met 50 Hz. De brom blijft daarbij vrij gering dank zij de grote warmtecapaciteit van de dikke gloeidraad.

Het licht van de spleet wordt door een plat-bolle lens, die aan de platte zijde is verzilverd, naar beneden in de fotocel geworpen (*fig. 15*). Deze cel is bevestigd op de montageplaat van de versterker. Door aan beide zijden van de projector een schroef los te maken, kan men de projector van de versterker lichten, waarbij de fotocel blijft staan (*fig. 16*). Er is bij deze opstelling geen fotocelkabel nodig en men heeft dus ook geen stekers, die storingen (kraken) kunnen veroorzaken.

De projector is zo uitgevoerd dat, als men achter de projector staat, de film zich aan de linkerzijde bevindt. De reden hiervoor is, dat nu het geluidsspoor aan de buitenzijde komt; de lichtbundel voor de geluidsaftasting komt daardoor niet in conflict met de as van de geluidstrommel (vgl. fig. 15), en men kan

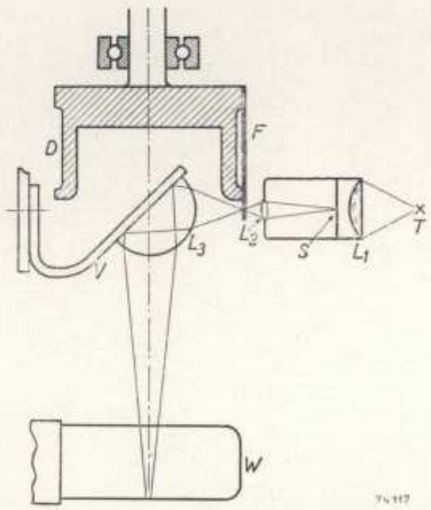


Fig. 15. De weg van de lichtstralen bij de geluidsaftasting. Het geluidsspoor van de film F steekt uit over de rand van de geluidstrommel D. T aftastlampje, S spleet, L_1 condensorlens, L_2 cilindrische lens, L_3 plat-bolle lens met verzilverde platte zijde, W fotocel, V ondersteuning voor L_3. De geluidstrommel moet ca. 90° gedraaid worden gedacht om de optische as door de lichtbron T.

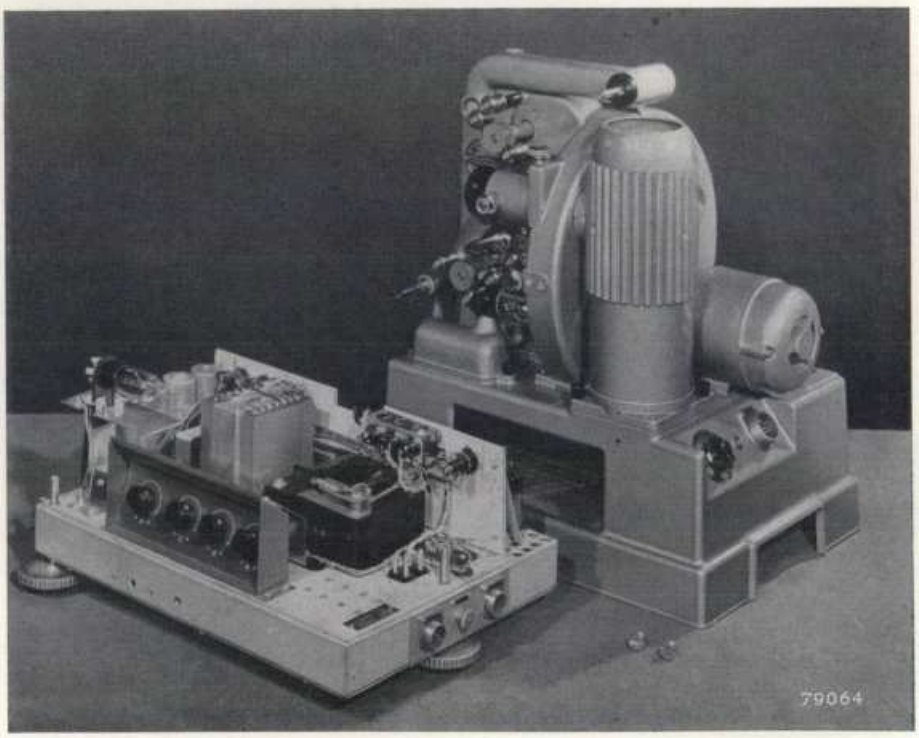


Fig. 16. Men kan de projector in zijn geheel van de versterker aflichten. De fotocel is links boven op de versterker zichtbaar.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

het plat-bolle lensje binnen in de trommel monteren. Bovendien kan men dit lensje gemakkelijk wegnemen om de optiek schoon te maken of te controleren.

De filmperforaties liggen nu aan de binnenzijde. Bij het inleggen behoeft men dus de film niet met de gehele breedte over de sprockettanden heen te schuiven, zodat deze tanden de film niet kunnen beschadigen.

Mogelijkheden van de versterker

De geluidsversterker levert, bij 3% vervorming, een vermogen van 15 watt, dat wordt verdeeld over twee luidsprekers, die voldoende zijn voor een zaal voor 750 personen. Van de hoge en van de lage tonen kan men de sterkte afzonderlijk regelen. De versterker heeft een aansluiting voor een microfoon (of grammofoon), zodat men bij de op het doek verschijnende beelden uitleg of toelichting kan geven (zie fig. 1). Het geluid van de film zelf en dat van de gegeven toelichting zijn onafhankelijk van elkaar in sterkte regelbaar.

Ook het ontwerp van de versterker is in hoge mate beïnvloed door de wens deze voor professionele doeleinden bestemde projector zo betrouwbaar mogelijk te maken. De versterker heeft daardoor een vrij groot aantal buizen gekregen (nl. 12, inclusief de hoogfrequentievoeding van het aftastlampje). Er konden op deze wijze voorzieningen getroffen worden om bij een eventueel defect raken van een of meer onderdelen, toch het programma te kunnen afwerken, zij het met enige opoffering van kwaliteit en (of) sterkte van het geluid. Het is zelfs mogelijk de versterker te laten werken met slechts zes buizen.

Het aantal verschillende buistypen is slechts 4, zodat een compleet reservestel door 4 buizen wordt gevormd. Deze buistypen worden alle normaal in radiotoestellen gebruikt en zijn dus overal gemakkelijk verkrijgbaar.

Verdere bijzonderheden

De aandrijving geschiedt door een eenfazige asynchrone motor, die ruim gedimensioneerd is en daardoor zeer ongevoelig voor spannings- en belastingsvariaties. Er is dus geen collector, die door vonkende borstels storingen in het geluid kan veroorzaken. De motor is in rubber opgehangen, om het overbrengen van trillingen op de projector te voorkomen.

In het lamphuis hangt een vaantje, dat de lichtbundel op zijn weg naar de film onderschept. Als de projector loopt en de film dus beweegt, blaast de door de vlinder-ventilator aangevoerde koellucht het vaantje omhoog. Dan pas kan de lichtbundel de film bereiken. Hoewel er geen brandgevaar is, zou men anders toch de film beschadigen indien men de lamp zou inschakelen bij stilstaande film.

Het terugspoelen moet men op een hiervoor bestemd hulpapparaat uitvoeren (zie fig. 1). Het voordeel hiervan is dat men nu vermijdt dat de installatie gedurende het terugspoelen niet voor projectie beschikbaar is.

In de practijk is gebleken dat de projector voldoet aan de eisen die bij het ontwerp werden gesteld. De kwaliteit van beeld en geluid wordt begrensd door de kwaliteit van de beschikbare films. Helaas zijn er nog slechts weinig smalfilms in de handel waarvan zowel het beeld als het geluid topkwaliteit heeft. Het ligt echter in de lijn van de ontwikkeling dat dit nog aanzienlijk zal verbeteren.

Samenvatting. Sedert enige tijd wordt in de Philipsfabrieken te Eindhoven een 16 mm-smalfilmprojector (type EL 5000) vervaardigd, die bestemd is voor professioneel gebruik en die uitmunt door een grote geleverde lichtstroom (500 lumen) en een robuuste uitvoering. De grote lichtstroom, die voldoende is om beelden van 4 m bij 3 m te projecteren, is verkregen door het gebruik van een objectief met zeer grote relatieve opening (1:1,3), een goede aanpassing van de verlichtingsoptiek bij dit objectief, en door beperking van de vlinderverliezen. De reductie van de vlinderverliezen is voornamelijk te danken aan het gebruik van een bijzonder opzetmechanisme, waarbij men de opzettijd zeer kort kon kiezen. Een ander voordeel van het mechanisme is dat men het aantal tanden van het opzetsprocket groot kon maken. Het mechanisme wordt in detail beschreven. Door het gebruik van een vlinder met grote diameter konden de vlinderverliezen nog verder gereduceerd worden (tot 28%). De grote diameter maakte het mogelijk de vlinder tevens als ventilator en als vliegwiel te gebruiken.

Enige andere constructieve details die ter sprake komen, zijn: een automatische regeling van de filmtrek bij opwikkel- en afwikkelspoel; automatische vorming van lussen en automatische synchronisatie van beeld en geluid bij het inleggen van de film; het cadreringssysteem, waarbij het beeld op het scherm gecentreerd blijft; de filmloop bij de geluidsaftastinrichting, die een zeer kleine filmtrek en daardoor zeer constante filmsnelheid ter plaatse van de geluidsaftasting mogelijk maakt, en de geluidsaftasting.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publicaties, voor zover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven, op aanvrage overdrukken.

2095: K. H. Klaassens and J. H. Gisolf: Polymerisation in bulk at high pressures (J. Polymer Sci. **10**, 149-155, 1953, No. 2).

Beschrijving van een polymerisatie-apparaat, werkende bij drukken tot 10 000 atm, waarin de te polymeriseren substantie kan worden verwarmd en de temperatuur kan worden gemeten. Styreen vertoont een explosieve reactie bij 10 000 atm en ongeveer 70 °C. Indeen polymeriseert langzaam als bij 10 000 atm de temperatuur geleidelijk wordt verhoogd, en vertoont een explosieve reactie bij 170 °C. Beide stoffen geven een vast polymeer. Crotonaldehyde geeft bij verwarming bij 10 000 atm een bros polymeer met hoog smeltpunt. Cumaron en sommige gechloreerde ethylenen verkolen als ze bij 10 000 atm verwarmd worden. Butylaldehyde polymeriseert tot een vast product, dat snel weer in het monomeer overgaat.

2096: J. I. de Jong en J. de Jonge: The hydrolysis of methylene diurea (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **72**, 202-206, 1953, No. 3).

Hydrolyse van methyleendiureum levert ureum en monomethylolureum. Deze reactie blijkt monomoleculair te zijn. De reactiesnelheid is recht evenredig met de waterstofionenconcentratie in het onderzochte gebied ($3 < p_H < 5$) en onafhankelijk van de bufferconcentratie. De activeringsenergie is 19,5 kcal/mol. In het algemeen zal de reactie van een amidomethylolgroep met een amidegroep (leidende tot de vorming van een methyleenbrug tussen ureumfragmenten) omkeerbaar zijn. De snelheid van de heengaande zowel als die van de teruggaande reactie is evenredig met de H-ionenconcentratie.

2097: J. I. de Jong en J. de Jonge: Kinetics of the reaction between monomethylolurea and methylene diurea (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **72**, 207-212, 1953, No. 3).

De reactie tussen monomethylolureum en methyleendiureum blijkt bimoleculair te zijn. De reactiesnelheid is recht evenredig met de waterstofionenconcentratie. Een invloed van de bufferconcentratie werd niet waargenomen. De activeringsenergie is 15 kcal/mol.

2098: J. I. de Jong en J. de Jonge: The reaction of methylene diurea with formaldehyde (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **72**, 213-217, 1953, No. 3).

De reactie van methyleendiureum met formaldehyde vertoont grote gelijkenis met de vroeger bestudeerde reactie tussen ureum en formaldehyde (zie deze overzichten No. **2046**). De reactie blijkt bimoleculair te zijn en de snelheden zijn recht evenredig met de waterstofionenconcentratie. Er is een invloed van de bufferconcentratie op de reactiesnelheden. Blijkbaar is de reactie gevoelig voor een algemene zure of basische katalyse. De activeringsenergie blijkt 15 kcal/mol te zijn. De waarden van de reactieconstanten zijn bijna dezelfde als in het geval van ureum en formaldehyde.

2099: H. J. G. Meyer en D. Polder: Note on polar scattering of conduction electrons in regular crystals (Physica **19**, 255-264, 1953, No. 3).

De reciproke waarde van de relaxatietijd van geleidingselectronen ten gevolge van polaire wisselwerking met piëzo-electrisch actieve acoustische trillingen wordt in het geval van tweeatomige regulaire kristallen berekend. Deze waarde blijkt evenredig te zijn met $T^{1/2}$. Voor het geval van sphaleriet (ZnS) wordt aangetoond dat beneden 150 °K de numerieke waarde van deze reciproke tijd vergelijkbaar is met de overeenkomstige waarde voor polaire wisselwerking met optische trillingen. In kristallen met NaCl-structuur kan het massaverschil tussen de ionen in principe aanleiding geven tot polaire verstrooiing aan acoustische trillingen. De desbetreffende reciproke relaxatietijd is evenredig met $T^{9/2}$. In het speciale geval van LiF wordt deze tijd bij 200 °K gelijk aan die welke het gevolg is van optische trillingen.

2100: H. A. Klasens: On the nature of fluorescent centres and traps in zinc sulphide (J. Electrochem. Soc. **100**, 72-80, 1953, No. 2).

De extra-energieniveaus ten gevolge van verontreinigingen in zinksulfidefosforen worden beschouwd als S^{2-}-niveaus die boven de gevulde S^{2-}-band gelegen zijn, ten gevolge van de vervanging van Zn^{2+}-ionen door monovalente positieve activatorionen. Electronenvangplaatsen („traps") worden gevormd door de vervanging van S^{2-}-ionen door monovalente negatieve ionen of door de vervanging

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

van Zn^{2+}-ionen door trivalente positieve ionen. De energie die vrijkomt als electronen recombineren met in vangplaatsen gebonden electronengaten („holes") of als electronengaten combineren met in vangplaatsen gebonden electronen, wordt òf direct als licht uitgezonden, òf eerst overgebracht naar verontreinigingsionen. Elementen van de ijzergroep doen electronenvangplaatsen ontstaan. De dovende werking van deze elementen is te verklaren als men aanneemt dat de bij de recombinatie vrijkomende energie overgebracht wordt naar de ionen van de dover. De aldus aangeslagen ionen keren stralingsloos naar de grondtoestand terug ten gevolge van de aanwezigheid van talrijke electronenniveaus tussen de aangeslagen toestand en de grondtoestand. De invloed van warmte en infraroodbestraling op de luminescentie wordt besproken. Aangetoond wordt dat in een fosfor energie door electronen via de geleidingsband of door defectplaatsen via de volle S^{2-}-band kan worden overgebracht.

2101: J. I. de Jong: The determination of formaldehyde in the presence of phenols and phenol alcohols (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **72**, 356-357, 1953, No. 4).

De door Pfeil en Schroth beschreven methode voor de quantitatieve bepaling van formaldehyde bleek ook toepasbaar bij aanwezigheid van phenolen en phenolalcoholen.

2102*: P. Cornelius: L'électricité selon le système Giorgi rationalisé (Ed. Dunod, Parijs 1953, 116 blz.).

Franse vertaling van No. **1990** (zie deze overzichten). De schrijver heeft van de gelegenheid gebruik gemaakt de tekst op enkele punten te wijzigen en uit te breiden. Bij de behandeling van de generator (dynamo) wordt de ontstane spanning afgeleid zowel van het standpunt van een met het anker meebewegende beschouwer (wisselflux) als van dat van een stilstaande beschouwer (Lorentzkracht op de electronen in de winding). Verder is het gedrag van een electronenbundel in een magnetisch veld behandeld. In het slothoofdstuk is een aanvulling opgenomen, waarin de schrijver verklaart waarom hij geen beschouwingen geeft over groothedenvergelijkingen. De vergelijkingen in het Giorgi-stelsel, zoals schrijver die geeft, kunnen naar believen als getalwaardevergelijkingen of als groothedenvergelijkingen worden opgevat.

2103: H. Bremmer: Eine einfache Näherungsformel für die Feldverteilung längs der Achse magnetischer Elektronenlinsen mit ungesättigten Polschuhen (Optik **10**, 1-4, 1953, No. 1).

Voor het veld $H(z)$ langs de as van een rotatiesymmetrische magnetische electronenlens met onverzadigde poolschoenen wordt de volgende formule afgeleid:

$$H = (0{,}4\,\pi)\,NI\left[\varphi\left(\frac{z}{b}+\frac{s}{2b}\right)-\varphi\left(\frac{z}{b}-\frac{s}{2b}\right)\right]:s,$$

waarin s de spleetbreedte voorstelt, b de diameter van de boring, N het aantal windingen, I de stroomsterkte uitgedrukt in A, en $\varphi(x)$ een functie waarvoor zowel voor grote als voor kleine waarden van x een reeksontwikkeling wordt afgeleid. Een tabel van $\varphi(x)$ wordt gegeven. De uitkomsten zijn in overeenstemming met die van een op andere wijze afgeleide theorie van Lenz.

2104*: J. A. Haringx: Stresses in corrugated diaphragms (C.B. Biezeno Anniversary Volume Applied Mechanics, uitg. Stam, Haarlem 1953, blz. 198-213).

De componenten van de spanningen in een geribbeld membraan worden bij benadering bepaald door deze te vervangen door een denkbeeldige vlakke plaat met dezelfde eigenschappen. Uit de ongunstigste combinaties van deze spanningen worden formules voor de maximale toelaatbare spanningen afgeleid. Deze formules worden getoetst in een speciaal geval, waarvoor de spanningen door Grover en Bell volledig waren berekend. De overeenstemming bleek goed te zijn. De genoemde formules kunnen dus dienst doen bij het ontwerpen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!